

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РАН**



**ИНФОРМАТИКА:
ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ**

*Материалы
XXIV Международной
научно-практической конференции
им. Э.К. Алгазинова*

Воронеж,
14-15 февраля 2024 г.

Под редакцией к.т.н. Борисова Д. Н.

Воронеж
2024

Оргкомитет:
Сопредседатели:

Ендовицкий Дмитрий Александрович, ректор Воронежского государственного университета, д.э.н., профессор;

Волков Денис Владимирович, министр цифрового развития Воронежской области;

Салогоубова Наталья Валерьевна, министр образования Воронежской области.

Заместители председателя:

Чутандина Елена Евгеньевна, первый проректор-проректор по учебной работе Воронежского государственного университета, д. фарм. н., профессор;

Костин Дмитрий Владимирович, проректор по науке, инновациям и цифровизации Воронежского государственного университета, д.ф.-м.н., доцент;

Крыловецкий Александр Абрамович, декан факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета, к.ф.-м.н., доцент;

Борисов Дмитрий Николаевич, заведующий кафедрой информационных систем ФКН Воронежского государственного университета, к.т.н., доцент;

Зацаринный Александр Алексеевич, заместитель директора Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, д.т.н., профессор;

Коваль Андрей Сергеевич, заместитель декана ФКН по информатизации; заведующий лабораторией сетевых технологий ФКН; старший преподаватель кафедры информационных систем ФКН Воронежского государственного университета;

Крыловецкая Татьяна Алексеевна, заместитель декана ФКН по работе со студентами, доцент кафедры цифровых технологий ФКН Воронежского государственного университета, к.ф.-м.н., доцент;

Митрофанов Александр Юрьевич, ректор ГБУ ДПО ВО «Институт развития образования им. Н. Ф. Бунакова».

Члены комитета:

Бодров А. Ю., Бойченко И. А., Вахтин А. А., Максимов А.В., Соломатин Д. И., Митрофанова Е. Ю., Синтяев Ю. Н., Соломатин Д. И., Шаров Ю. Н., Швырева А. В.

Программный комитет:

Артемов М. А., Кунаковская Л.А., Васенин В. А., Гаршина В. В., Ерешко Ф. И., Запругаев С. А., Кобозева И. М., Кретов А. А., Крыловецкий А. А., Кургалин С. Д., Львович Я. Е., Матвеев М. Г., Махортов С. Д., Медведев С. Н., Семенов М. Е., Сирота А. А., Сычев А. В., Толстобров А. П., Чижов М. И., Чечкин А. В.

И74 Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXIV международной научно-практической конференции / под редакцией Д.Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 14-15 февраля 2024 г. – Воронеж, ВГУ, 2024. – 1659 с.

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

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

Пленарные доклады

Принятие решений в организационных системах с выбором пар на двудольном графе

М. Г. Матвеев, e-mail: mgmatveev@yandex.ru
Н. А. Алейникова, e-mail: balbashovan@mail.ru
А. А. Громковский, e-mail: aag68@bk.ru
В. В. Коротков, e-mail: chasecrunk@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Россия

***Аннотация.** В статье исследуется задача теории принятия решений – выбор оптимальных отношений на двудольном графе, при условии, что вершины графа заданы векторами характеристик идентичной структуры. При сопоставлении вершин графа возникает проблема, связанная с тем, что компоненты векторов характеристик могут быть измерены в разных шкалах, как качественных, так и количественных. Кроме того, они могут быть динамическими и случайными. Все это приводит к невозможности агрегирования покомпонентного соответствия. Для решения проблемы неоднородности в случае статической природы характеристик предлагается перейти к локальным соответствиям на ограниченной непрерывной шкале с последующим их агрегированием. Для агрегирования предлагается использование операторов, основанных на мере Сугено, а также нечетких квантификаторах. Выбор оптимальных отношений между вершинами графа, характеристики которых заданы в виде случайных величин, рассмотрен на примере решения задачи выборочного контроля качества готовой продукции. В случае если при сопоставлении некоторые характеристики вершин графа подвержены динамическим изменениям, предлагается определять вероятности их «статусов» на основе цепей Маркова и нечетких временных рядов. В работе дан обзор статей и приложений, где применялись разработанные методы сопоставления.*

***Ключевые слова:** параметрический матчинг, векторная оптимизация, математическое моделирование, выбор и принятие решений, неоднородность, стохастичность, динамические изменения, цепи Маркова, выборочный контроль качества, агрегирование, нечеткая мера Сугено, интеграл Сугено, интеграл Шоке, оператор ОWA, нечеткий квантификатор.*

Введение

Актуальной задачей теории принятия решений является выбор отношений на двудольном графе [1]. Очевидно, что такой выбор не может быть ограничен популярной задачей паросочетаний, которую активно развивали нобелевские лауреаты Л. Шепли и Э. Рот [1-3]. Если снять некоторый ограничения теории паросочетаний, то окажется, что выбор пар на двудольном графе может быть естественным образом интерпретирован во многих приложениях. Например, рассматривая вершины двудольного графа как сущности с векторными характеристиками, можно указать ряд предметных приложений, где выбор пары определяется соответствием этих характеристик. В торговле: характеристики предложения – характеристики спроса; в медицинской диагностике: характеристики больного – типовые характеристики заболевания; в кредитовании: характеристики заемщика – характеристики требования кредитора; в подборе персонала: характеристики соискателя – характеристики требования работодателя; в контроле качества: характеристики состояния объекта – характеристики требования допустимого качества; при оценке качества образования: оценки обучающегося – характеристики требований образовательного стандарта. Следует обратить внимание на наличие в каждом приложении активного элемента, человека, так или иначе принимающего участие в формировании характеристик.

Будем рассматривать характеристики вершин графа в виде вектора $S = (s_1; \dots; s_n)$, где s_i - значение i -ой характеристики. При этом структура векторов S каждой доли двудольного графа совпадает. Выбор пары осуществляется на основе покомпонентной оценки соответствия (матчинга) векторов $(S_j; S_k)$ из противоположных долей графа. Оценка соответствия векторов требует оценки локальных покомпонентных соответствий. Здесь под локальным соответствием понимается степень близости значений соответствующих компонент вектора, а под соответствием векторов – степень близости векторов. Приведенная предметная интерпретация определяет выбор отношений $(S_j; S_k)$ на двудольном графе по максимальной степени соответствия векторов характеристик.

Однако вычисление степени соответствия весьма нетривиальная задача. Если все характеристические компоненты определены в пространстве действительных чисел, то сходство векторов, в принципе, можно определять, используя известные векторные метрики – расстояние, норма вектора или косинусное сходство. Но предметная интерпретация с очевидностью показывает, что значения компонент

вектора S могут принимать не только числовые, но категориальные значения, компоненты могут отображаться интервальными значениями. Более того, в некоторых случаях характеристические компоненты могут иметь случайный характер или отображаться динамическими показателями, распределенными по времени. В таких случаях оценка соответствия становится проблемной задачей. Единственный простой подход к оценке соответствия (без учета случайных характеристик) состоит в применении бинарной логики, «совпало-несовпало» и подсчете количества полных совпадений компонент. Но очевидно, что такой подход малоинформативен и бинарная логика не может обеспечить решение задачи обоснованного выбора отношений.

Возможный путь к решению – переход от множества неоднородных векторов в такое пространство состояний, которое могло бы обеспечить оценку соответствия и выбор отношений на двудольном графе. Выбор такого пространства состояний и разработка методика перехода в него с последующей оценкой степени соответствия характеристических векторов двудольного графа и методов выбора отношений на этом графе по степени максимального соответствия – цель предлагаемого исследования.

1. Формализованная постановка задачи выбора и методика ее решения.

Основным препятствием для выбора отношений на рассматриваемом двудольном графе является неоднородность характеристик вершин этого графа:

$$S = (s_1, s_2, \dots, s_n) = (x, A, [\dots], X, x(t)), \quad (1)$$

где x - числовые значения; A - категориальные значения; $[\dots]$ – интервальные значения; X - случайные значения; $x(t)$ - временная последовательность случайных значений.

Выбор отношения $(S_j; S_k)$ определяется степенями локальных соответствий, r_i характеристических векторов вершин j и k – $(s_{ij}; s_{ik})$, принадлежащих разным долям графа; i - номер компоненты. Поскольку такое соответствие определяется сравнением отдельных компонент вектора, то, прежде всего, необходимы такие алгоритмы, которые могли бы выполнять локальные сравнения всех рассматриваемых типов характеристических компонент. При этом результат, r_i покомпонентного сравнения должен обеспечивать возможность агрегирования локальных соответствий – $R(S_j; S_k) = agr(r_i)$. Известные методы агрегирования потребуют однородности и нормированности агрегируемых

компонент [4]. В свою очередь агрегированное соответствие двух вершин, $R(S_j; S_k)$ должно обеспечивать ранжирование всех возможных отношений графа.

Если ограничиться номинальной измерительной шкалой локальных характеристик и для сравнения использовать бинарную логику, то локальный результат сравнения на эквивалентность будет иметь вид $r(s_1; s_2) \in \{0,1\}$. Критерий оценки близости векторов в этом случае определятся суммой результатов локальных сравнений $\sum_i r_i \in N$.

Однако, при таком подходе получится крайне бедный в информационном смысле результат. Удовлетворить указанным требованиям можно перейдя в новое векторное пространство, обеспечивающее ранжирование пар $(S_j; S_k)$ на основе операции сравнения векторов.

Для формирования нового пространства удобно воспользоваться не бинарной, а бесконечнозначной логикой, т.е. нечеткой логикой. Для этого предлагается рассматривать не точечные значения компонент характеристических векторов, а нечеткие подмножества допустимых значений характеристик вершин каждой доли графа. Такой подход имеет понятную интерпретацию в рассматриваемых предметных областях, например, это нечеткие желания потребителей и нечеткие возможности поставщиков.

Механизм формирования нового пространства основывается на введении лингвистических шкал [5,6], по каждой компоненте векторов. Лингвистическая шкала формируется на исходной шкале x каждой характеристики s путем выделения на ней нечеткого множества значений s соответствующей функцией принадлежности $f(s) \in [0;1]$. Функция принадлежности отражает экспертную оценку активного элемента (человека) степени предпочтения или допустимости значений исходной шкалы характеристики. Локальная характеристика становится нечеткой переменной \tilde{s} , например, заданной кусочно-линейной функцией принадлежности. Сравнение локальных нечетких характеристик \tilde{s}_1 и \tilde{s}_2 , направленное на обеспечение их ранжирования, определяется различными методами [7]. В данном случае задача ранжирования не стоит, необходима только оценка соответствия \tilde{s}_1 и \tilde{s}_2 . Предлагается определять соответствие \tilde{r} с помощью понятия t -нормы [8]:

$$\tilde{r}(\tilde{s}_1; \tilde{s}_2) = T(f_{s_1}(s); f_{s_2}(s)); \quad f(s) \in [0;1]. \quad (2)$$

В качестве t-нормы можно принять минимум (рис. 1).

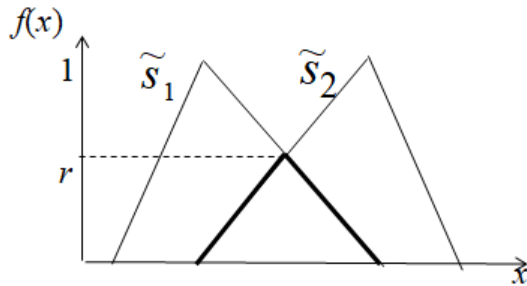


Рис. 1. Определение меры соответствия с помощью оператора t-нормы в виде минимума

Глобальное соответствие $\tilde{R}(\tilde{S}_j; \tilde{S}_k)$ вершин двудольного графа с векторными характеристиками \tilde{S} , определяется как вектор нечетких локальных характеристик:

$$\tilde{R} = (\tilde{r}_1; \tilde{r}_2; \dots; \tilde{r}_n), \quad \tilde{r}_i \in [0; 1]. \quad (3)$$

Таким образом, от множества неоднородных характеристик в исходной постановке задачи удалось перейти к однородному множеству соответствий в форме векторов с нечеткими компонентами, где каждый компонент \tilde{r} задает нечеткое соответствие, т.е. взвешенное множество допустимых (ненулевых) значений соответствий. Переход от вектора $\tilde{R}(\tilde{S}_j; \tilde{S}_k)$ с нечеткими компонентами \tilde{r} к вектору с четкими компонентами $f_r(s_j) \in [0; 1]$ осуществляется подстановкой характеристик конкретных свойств в функцию принадлежности каждого компонента. Окончательно получаем вещественное векторное пространство, определенное на декартовом произведении $[0; 1]^n$.

Исходная постановка задачи требует найти такой четкий вектор $R(S_j; S_k)$, который обеспечит максимальное соответствие пары $(S_j; S_k)$ по множеству характеристических показателей. То есть надо решать задачу векторной оптимизации на ограниченном множестве альтернативных пар $(S_j; S_k)$. Наиболее распространенным подходом к решению таких задач является переход от векторной задачи к скалярной, например, метод идеальной точки [9] или метод построения аддитивной свертки критериев [10].

Метод идеальной точки предполагает минимизацию расстояния от альтернатив до «идеальной точки», которая легко определяется модой локальных соответствий $f_r(s)$ в полученном векторном пространстве (рис. 1):

$$d(s_i) = \left(\sum_{i=1}^n w_i (f_{r_i}^{\max}(s) - f_r(s_i))^2 \right)^{1/2} \rightarrow \min_s. \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой критерий задачи квадратичного программирования. Особенностью рассматриваемых предметных областей является дискретный характер альтернативных значений s , то есть задача превращается в задачу дискретного программирования. Упростить решение можно с учетом следующих соображений. Как правило, множества альтернатив по всем компонентам имеют невысокую размерность. Кроме того, существование однозначного соответствия $f: s \rightarrow r$ позволяет рассчитывать расстояния $d(s_i)$ и ранжировать по нему все альтернативы.

Другой подход к решению задачи векторной оптимизации при выборе объектов с наилучшим соответствием – построение аддитивной свертки, например, с помощью операторов агрегирования из семейства средних:

$$(r_1; r_2; \dots; r_n) \rightarrow \sum_i w_i r_i \rightarrow \max. \quad (5)$$

Операторы агрегирования отображают нормированный вектор в нормированный скаляр $Agr: [0;1]^n \rightarrow [0;1]$.

В формуле (5) присутствуют два вектора – вектор значения соответствий $R = (r_1; \dots; r_n)$, который нужно найти, и вектор весовых коэффициентов $W = (w_1; \dots; w_n)$, который нужно задать. Компоненты вектора W можно назначать экспертным путем, а можно использовать более объективные подходы, основанные на имеющихся данных.

Примером второго подхода может служить выбор весовых коэффициентов по значению компонент вектора R – чем больше значение компоненты, тем она важнее. При этом используются оператор агрегирования OWA [10] и последовательности Фишберна [9,11]. Оператор агрегирования OWA записывается в виде:

$$Agr(w, r) = \sum_{i=1}^n w_i r_{\sigma(i)}, \quad (6)$$

где $\sigma: (1; 2; \dots; n) \rightarrow (1; 2; \dots; n)$ – перестановка, такая что $r_{\sigma(i)} \geq r_{\sigma(i+1)}$.

Вычисление весов по Фишберну осуществляется по формуле:

$$w_i = \frac{2(n-i+1)}{n(n+1)}, \quad j = 1, \dots, n \quad (7)$$

В выражении (7) целесообразно учитывать экспертное мнение, - личные предпочтения лица, принимающего решения. Соответствующий механизм представляют квантификаторы нечеткой логики [12,13]. Нечеткие квантификаторы, $Q(r)$ являются расширением классического набора логических квантификаторов, включающего в себя кванторы \exists («существует») и \forall («для всех»), за счет введения нечетких понятий «почти для всех», «примерно для половины» и др.

В качестве примера квантификаторов, отражающих систему предпочтений, будем рассматривать: $Q_1(r)$ = «для большинства», то есть если частные оценки альтернативы удовлетворяют большинству критериев, то такая альтернатива является наиболее предпочтительной; $Q_2(r)$ = «чем больше, тем лучше», то есть чем большему числу критериев удовлетворяют альтернатива, тем лучше.

Тогда окончательное выражение для вычисления весовых коэффициентов принимает вид:

$$w_{\sigma(i)} = Q\left(\frac{\sigma(i)}{n}\right) - Q\left(\frac{\sigma(i-1)}{n}\right). \quad (8)$$

Процедура агрегирования должна учитывать возможное взаимодействие критериев. В этом случае аддитивные операторы агрегирования типа ОWA становятся не эффективными. В таких случаях необходимо применять операторы агрегирования в форме дискретных интегралов по нечеткой мере [14].

Нечеткая мера g над множеством $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ при конечном n определяется как функция $g: 2^X \rightarrow [0,1]$ для всех комбинаций x_i , которая удовлетворяет следующим свойствам:

$$- g(\emptyset) = 0, g(X) = 1;$$

- нечеткая мера – монотонная, неубывающая

$$A \subseteq B \subseteq X \Rightarrow g(A) \leq g(B) \leq 1.$$

Наиболее конструктивным видом данной функции считается нечеткая мера Сугено [15]:

$$g(A \cup B) = g(A) + g(B) + \lambda \cdot g(A) \cdot g(B). \quad (9)$$

Нечеткая мера Сугено зависит от параметра λ . Следует обратить внимание, при $\lambda = -1$ выражение (7) переходит в частный случай нечеткой меры – вероятностную меру.

В качестве дискретных интегралов по нечеткой мере используются:
– интеграл Сугено:

$$Sugeno(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max_n \left(\min(x_{\sigma(i)}, g(C_{\sigma(i)})) \right),$$

интерпретируется как нечеткое математическое ожидание.

– интеграл Шоке: $Choque(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum (x_{\sigma(i)} - x_{\sigma(i-1)}) \cdot g(C_{\sigma(i)})$,
интерпретируется как нечеткая медиана.

2. Примеры применения методики выбора с переходом в нечеткие состояния.

Предложенная методика была использована при решении ряда задач выбора, возникающих в электронной коммерции. Рассматривались такие задачи как организация автоматизированной системы закупок ресурсов для крупного нефтегазового холдинга и разработка рекомендательной системы формирования предложения на маркетплейс.

Поскольку в обеих задачах присутствует спрос и предложение, для их формализации использовался переход к характеристическим векторам нечетких состояний, и определялась нечеткое локальное соответствие по компонентам этих векторов. Вычисленные функции принадлежности локальных соответствий позволили перейти в вещественное векторное пространство, обеспечивающее постановки и решения задач оптимального выбора.

Для решения задачи автоматизации централизованных закупок рассматривался трехдольный граф, на котором была сформулирована транспортная задача с промежуточными пунктами и векторным критерием оптимизации [16,17]. Решение задачи осуществлялось путем построения аддитивной свертки критериев с использованием дискретного интеграла Шоке по нечеткой мере. В результате решения были выбраны наиболее адекватные поставщики ресурса и получено распределение закупленных ресурсов по заявкам предприятий холдинга.

Задача разработки математического обеспечения рекомендательной системы формирования предложения на маркетплейс состояла из двух этапов. На первом этапе были определены алгоритмы ранжирования элементов допустимого множества товарного предложения. Для этого использовались нечеткие соответствия допустимого предложения и обобщенного спроса на ЭТП типа маркетплейс [17]. Адекватность механизма построения обобщенного спроса как замены множества индивидуальных спросов была показана экспериментально на полученной имитационной модели маркетплейс.

Рекомендательная система должна учитывать влияние конкурентной среды на принятие решений по составу и значениям

характеристических параметров предложения. Решению этой задачи была посвящена статья [18]. Решение было получено с использованием игровой модели конкуренции.

3. Применение методики в условиях стохастической характеристики.

Приведенная методика может использоваться при решении задач выбора отношений, если характеристические параметры могут сравниваться. Наличие характеристики в форме случайной величины требует корректировки подхода к сравнению и вычислению соответствия. Очевидно, что сравнение характеристик в этом случае основывается на проверке выполнения статистических гипотез. Типичным примером такого сопоставления является задача выборочного контроля качества при приемке продукции.

Основная цель статистического приемочного контроля состоит в определении соответствия качества представленной изготовителем партии продукции согласованному с потребителем уровню качества. Основные характеристики, используемые при решении данной задачи – предельно допустимый уровень несоответствий (AQL), определяемый изготовителем, и предельное качество (LQ), удовлетворяющее потребителя. Величина AQL показывает максимальный уровень дефектов в партии продукции, который считается удовлетворительным при приемке. Величина LQ – это минимальный уровень дефектов в партии продукции, который рассматривается как неудовлетворительный при приемке. Обозначим через q – долю дефектных изделий в партии. Партия продукции считается хорошей при $q \leq AQL$ и плохой, при $q \geq LQ$. При $AQL < q < LQ$ качество партии – допустимое.

Схемы выборочного контроля по указанным стандартам предусматривают задание вероятности приемки неудовлетворительной продукции (риск потребителя β) и вероятности отказа от приемки удовлетворительной продукции (риск поставщика α).

Принятие решения о приемке определяется пороговым значением количества дефектов c в выборке объема n . Задача состоит в подборе таких значений c и n , которые обеспечат удовлетворительные риски поставщика и потребителя. При этом изъятие и проверка большой доли партии во многих случаях может быть сопряжено со значительными издержками по времени, деньгам и трудозатратам. Например, в работе [19] рассмотрена задача отбора генетического материала семян ели белой по цитогенетическим показателям при проведении

озеленительных мероприятий. Необходимо при заданных уровнях риска не пропустить партию семян не пригодную для дальнейшей посадки или, наоборот, не забраковать пригодную партию. Поскольку измерение цитогенетических показателей для каждого семени является очень трудоемкой задачей, то необходимо не только найти приемлемый объем выборки, но и минимизировать его.

Для решения этой задачи вводится понятие оперативной характеристики – вероятности приемки партии продукции в зависимости от доли дефектных изделий q . В случае, если объем выборки составляет не более чем 10% от объема партии, оперативная характеристика основывается на биномиальном распределении и определяется по формуле:

$$P(q) = \sum_{m=0}^c C_n^m q^m (1-q)^{n-m}, \quad (10)$$

где m – возможное число дефектных изделий в партии.

К плану предъявляются требования: вероятность приемки для хорошей партии (когда $q \leq AQL$) должна быть не ниже, чем $1 - \alpha$, а для плохой (когда $q \geq LQ$) – не выше риска потребителя β . Формализовав эти требования, при заданных AQL , LQ , α и β , получим следующую постановку задачи:

$$n \rightarrow \min, \quad (11)$$

при условии, что

$$\begin{cases} P(AQL) = \sum_{m=0}^c C_n^m AQL^m (1-AQL)^{n-m} \geq 1 - \alpha, \\ P(LQ) = \sum_{m=0}^c C_n^m LQ^m (1-LQ)^{n-m} \leq \beta. \end{cases} \quad (12)$$

Решая систему (12), можно определить минимальный объем выборки n и приемочное число c , при которых будут достигнуты приемлемые уровни риска, – как поставщика, так и потребителя.

Проблема заключается в том, что получаемая система существенно нелинейна, для ее решения не подходят стандартные численные методы. Поэтому в работе [19] был предложен эффективный точный алгоритм комбинаторного поиска, основанный на переборе значений объема выборки и оценке диапазона допустимых значений порога с помощью математического инструментария теории вероятностей.

4. Оценка степени соответствия динамических характеристик вершин двудольного графа

Рассмотрим теперь задачу определения степени соответствия между вершинами двудольного графа, в случае, если некоторые характеристики вершин являются динамическими, например, представлены временными рядами $x(t)$. На практике сопоставление по динамическим характеристикам встречается часто. При постановке диагноза больному в сложных случаях берется во внимание последовательность его температур, показателей крови и т.д. При принятии решения об отчислении студента, рассматривается динамика его оценок по разным дисциплинам, его посещаемость за определенный промежуток времени. И решение принимается с учетом всей совокупности динамической информации.

Часто для того, чтобы агрегировать такую информацию по одному или совокупности показателей используют обычные средние величины. Но это может привести к неверным выводам, особенно при наличии нестационарных временных рядов. В то же время сравнивать между собой показатели в виде динамических последовательностей затруднительно, поэтому необходимо перейти к какой-либо скалярной характеристике, отражающей поведение, состояние сущности в целом за некоторый промежуток времени.

Для определения такой скалярной характеристики авторами предлагается подход, рассматривающий сравниваемые сущности как некоторые системы, которые могут находиться в различных состояниях (которых конечное число) с определенными вероятностями. Для определения вероятностей этих состояний можно при некоторых предположениях использовать математический аппарат дискретных цепей Маркова. Для определения искомого скалярного значения динамической характеристики можно воспользоваться понятиями математического ожидания или моды.

Рассмотрим случай, когда сравниваемые сущности характеризуется одним динамическим показателем в виде одномерного временного ряда $X = (x^0; x^1; \dots; x^n)$. В общем случае может присутствовать совокупность таких показателей, тогда рассматривают многомерный временной ряд.

Временной ряд X в каждый момент времени характеризует то или иное состояние системы. При этом часто сложно установить границы значений уровней ряда, отделяющие одно состояние от другого. Поэтому предлагается состояния системы определять как нечеткие переменные $(\tilde{x}_1; \tilde{x}_2; \dots; \tilde{x}_m)$, заданные на допустимом множестве значений показателя.

Нечеткие состояния задаются экспертом. Связь между значениями показателя и состояниями осуществляется на основе понятия нечеткого соответствия.

Под нечетким соответствием $C: X \rightarrow \{\tilde{x}_i | \mu_{\tilde{x}_i}(x)\}$ понимают соответствие значения признака, $x \in X$ и нечеткого состояния \tilde{x}_i , с уровнем соответствия, которое определяется значением функции принадлежности $\mu_{\tilde{x}_i}(x)$.

В общем случае нечеткое соответствие неоднозначно, так как одному значению x может соответствовать несколько нечетких состояний \tilde{x}_i со своими значениями функций принадлежности. Пример неоднозначности нечеткого соответствия между значениями признака и состояниями системы показан на рис. 2.

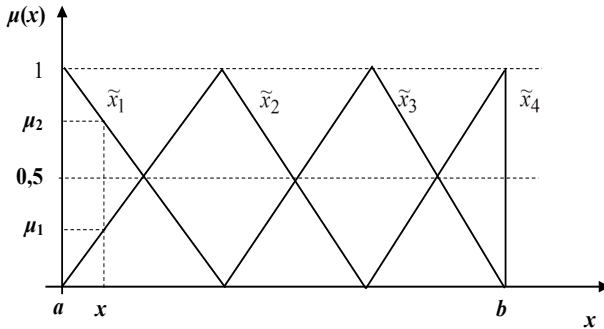


Рис. 2. Неоднозначность соответствия между значениями признака и состояниями системы.

При подстановке значений уровня ряда X в функции принадлежности нечетких состояний, в силу неоднозначности соответствия C , получим вектор нечетких состояний, сформированный в момент времени t :

$$\tilde{X}^t = (\tilde{x}_i^t | \mu_{\tilde{x}_i}(x^t) \neq 0, i = 1, \dots, m). \quad (13)$$

Динамика четких состояний моделируемых процессов, при условии, что изменения дискретных состояний простейшие и рассматриваются в дискретном времени, описывается с помощью дискретных марковских цепей [20].

Расчет марковской цепи происходит по формуле:

$$\mathbf{p}^{t+1} = (\mathbf{M}^t)^T \mathbf{p}^t, t = 0; 1; 2; \dots; \mathbf{p}^0 = (1; 0; \dots; 0)^T, \quad (14)$$

где t – дискретное время; $\mathbf{p}' = (p'_1; \dots; p'_m)^T$ – вектор, задающий распределение вероятностей нахождения системы в соответствующем состоянии; $\mathbf{M}' = \left\| p'_{ij} \right\|$ – стохастическая матрица $m \times m$ с элементами p'_{ij} – вероятностями перехода системы из состояния i в состояние j на шаге t .

Для расчета марковской цепи в случае нечетких состояний необходимо задать стохастическую матрицу. Но поскольку состояния непосредственно не наблюдаемы, в каждый момент времени система может находиться одновременно в нескольких состояниях, то возникает проблема в задании стохастической матрицы. Далее предлагается подход к построению стохастической матрицы в случае однородной марковской цепи, то есть, когда матрица \mathbf{M}' не зависит от времени. Обозначим такую матрицу через \mathbf{M} .

Для того, чтобы рассчитать ее элементы, можно рассуждать следующим образом. В каждый момент времени $t-1$ система могла находиться в нескольких нечетких состояниях с разными значениями функции принадлежности, в момент времени t система может оказаться также в нескольких нечетких состояниях. То есть может произойти сразу несколько событий с разными степенями принадлежности, показывающими, что система перешла из одного нечеткого состояния в другое. Эти нечеткие события можно формализовать с помощью нечетких отношений импликации:

$$\left(\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t \right) \left| \mu_{ij} \right. . \quad (15)$$

Значение функции принадлежности можно вычислять, например, по формуле:

$$\mu_{ij} = \min \left(\mu_{\tilde{x}_i}; \mu_{\tilde{x}_j} \right), \quad (16)$$

или по любой другой формуле, реализующей нечеткую импликацию [19, 20].

Если рассматривать весь временной промежуток, то одни и те же нечеткие импликации могли повторяться с определенной частотой. Под нечетким составным событием \tilde{A}_{ij} будем понимать случайное событие, которое отображает все однородные переходы $\tilde{x}_i \rightarrow \tilde{x}_j$ на заданном промежутке временного ряда, но с различными значениями функций принадлежности:

$$\tilde{A}_{ij} = \{ (\tilde{x}_i^{t_1-1} \rightarrow \tilde{x}_j^{t_1}) \left| \mu_{ij}^1; (\tilde{x}_i^{t_2-1} \rightarrow \tilde{x}_j^{t_2}) \left| \mu_{ij}^2; \dots; (\tilde{x}_i^{t_k-1} \rightarrow \tilde{x}_j^{t_k}) \left| \mu_{ij}^k \right. \right\} . \quad (17)$$

Назовем нечетким элементарным случайным событием $\tilde{A}_{ij}^p = (\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t) | \mu_{ij}$ случайное событие перехода системы из нечеткого состояния \tilde{x}_i в нечеткое состояние \tilde{x}_j в момент времени t со степенью уверенности μ_{ij} .

Тогда по Лотфи Заде [21] вероятность нечеткого составного события \tilde{A}_{ij} можно определить по формуле:

$$P(\tilde{A}_{ij}) = \sum_k P(\tilde{A}_{ij}^{pk}) \mu_{ij}^k. \quad (18)$$

Вероятность нечеткого элементарного случайного события $P(\tilde{A}_{ij}^{pk})$ можно оценить с помощью частоты:

$$P(\tilde{A}_{ij}^{pk}) = \frac{K_{ij}^k}{K_i}, \quad (19)$$

где K_{ij}^k – частота импликации с функцией принадлежности μ_{ij}^k , величина $K_i = \sum_{j=1}^m K_{ij}^k$ – количество элементарных нечетких событий перехода из фиксированного i -го состояния в любое из m состояний.

В результате получаем матрицу вероятностей нечетких составных событий:

$$\begin{pmatrix} P(\tilde{A}_{11}) & \dots & P(\tilde{A}_{1s}) \\ \dots & \dots & \dots \\ P(\tilde{A}_{s1}) & \dots & P(\tilde{A}_{ss}) \end{pmatrix} \quad (20)$$

Нормируя матрицу (20) по строкам, получим искомую стохастическую матрицу вероятностей случайных нечетких событий – переходов из нечеткого состояния \tilde{x}_i в нечеткое состояние \tilde{x}_j .

С помощью этой матрицы можно определять по формуле (14) вероятности состояний системы, либо находить предельные вероятности стационарных состояний системы, если они существуют или так называемых статусов системы. Зная вероятности состояний системы, можно определить математическое ожидание или моду и использовать их в качестве скалярной характеристики данного показателя.

В статье [22] предложенный подход использовался для автоматизации расчета кредитной ставки для заемщика с учетом его кредитной истории.

В работе [23] рассмотренный подход применяется к оценке нечетких состояний систем, представленных многомерными временными рядами, отражающими совокупность показателей. Задача агрегирования предельных вероятностей состояний системы решена с помощью интеграла Шоке на основе меры Сугено.

Заключение

Авторами были исследованы различные подходы к решению задачи оптимального выбора отношений на двудольном графе. Проблема сопоставления статических неоднородных векторных характеристик вершин двудольного графа решена с помощью перехода в вещественное векторное пространство, определенное на декартовом произведении $[0;1]^n$. Каждая координата вектора представляет собой локальное соответствие по конкретной характеристике. Для агрегирования локальных соответствий был предложен интеграл Шоке и Сугено, основанные на мере Сугено. Это позволило учесть взаимодействие между характеристиками сопоставляемых вершин двудольного графа. При решении задачи агрегирования можно использовать второй тип агрегаторов – операторы QWA, которые позволяют с помощью нечетких квантификаторов учесть систему предпочтений лица, принимающего решение, например, его желание при магчинге «достичь соответствия по большинству характеристик» или «достичь соответствие по как можно большему количеству характеристик» и другие нечеткие категории [7, 15-17].

Второй тип задач магчинга предполагает стохастическую природу сопоставляемых характеристик. В качестве примера такого типа задач, авторами была исследована задача по управлению качеством. В данном случае необходимо определить оптимальное соотношение между параметрами выборочного контроля, которые устроили бы как поставщика продукции (производителя), так и потребителя. Такими параметрами являются объем выборки и приемочное число. Особенностью предложенного авторами подхода к решению этой задачи является учет того, что формирование выборки для выборочного контроля является трудоемким и дорогостоящим процессом, поэтому важной задачей здесь становится нахождение минимального значения объема выборки, которое обеспечило бы приемлемое качество продукции.

Для решения третьего типа задач магчинга – в условиях динамических изменений характеристик было предложено перейти к понятию состояния характеристик – статуса. На основе дискретных цепей Маркова и нечетких временных рядов разработаны подходы к

определению вероятностей статусов для решения задачи матчинга при динамическом изменении характеристик [20,23].

Список литературы

1. Anderson, I. Perfect matchings in a graph / I. Anderson // *Journal of Combinatorial Theory. – Series B*, 10:3 (1971). – P. 183-186.
2. Roth, A.E. The Economics of Matching: Stability and Incentives / A.E. Roth // *Mathematics of Operations Research. – Vol. 7* (2012). – P. 50-58.
3. Tassa, Tamir. Finding all maximally-matchable edges in a bipartite graph / Tamir Tassa // *Theoretical Computer Science. – Vol. 423*, 10:3 (1971). – P. 183-186.
4. Леденева, Т. М. Обзор основных классов операторов порядкового взвешенного агрегирования / Т. М. Леденева, И. Н. Левкина // *Вестник Воронежского государственного университета, серия «Системный анализ и информационные технологии»*. – 2022. – № 1. – С. 5-31.
5. Леденева, Т. М. Обработка нечеткой информации / Т. М. Леденева – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2006. – 233с.
6. Воронцов, Я. А. Методы параметризованного сравнения нечетких треугольных и трапециевидных чисел. / Я. А. Воронцов, М. Г. Матвеев // *Вестник Воронежского государственного университета, серия «Системный анализ и информационные технологии»*. – 2014. – № 2. – С. 90-97.
7. Матвеев, М. Г. Анализ взаимодействия в системе продавец-покупатель на основе числовой меры парного соответствия / М. Г. Матвеев // *Вестник Воронежского государственного университета, серия «Системный анализ и информационные технологии»*. – 2019. – № 3. – С. 94-103.
8. Лихолетов, В. В. Управление предприятием (организацией). Методы решения задач и принятия управленческих решений: учебное пособие / В. В. Лихолетов, Я. Д. Гельруд. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 360 с.
9. Fishburn, P. C. Analysis of decisions with incomplete knowledge of probabilities / P. C. Fishburn // *Operations Research*, – 1965. – Vol. 3. – No. 1. – P. 217-237.
10. Yager, R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making / R. R. Yager // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. – 1988. – Vol. 18. – P. 183-190.
11. 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.

12. Detyniecki M. et al. (2000) *Mathematical Aggregation Operators and their Application to Video Querying*: Thesis for the degree Docteur de l'Université. Paris. – 185 p.

13. Нечеткие множества и теория возможностей : последние достижения : [сборник статей] / под ред. Р. Р. Ягера ; пер. с англ. В. Б. Кузьмина ; под ред. С. И. Травкина. – Москва : Радио и связь, 1986. – 405 с.

14. 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, серия «Системный анализ и информационные технологии». – 2017. – № 2. – С. 66-71

15. Алейникова, Н.А. Цифровая технология организации централизованных закупок / Н. А. Алейникова, М. Г. Матвеев // Экономика и математические методы. – 2022. – Т. 58. – №1. – С. 70-79.

16. Матвеев, М. Г. Информационные технологии формирования предложения на электронной торговой площадке с технологией маркетплейс / М. Г. Матвеев // Экономика и математические методы. – 2021. – Т. 57. №1. – С. 114-121

17. Матвеев, М.Г. Технология поддержки принятия решений продавца на маркетплейс в условиях конкуренции / М. Г. Матвеев, Н. А. Алейникова, М. Д. Титова // Бизнес-информатика. – 2023. – Т. 17. – № 2. – С. 8-20

18. 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.

19. Matveev, M. Determining the Optimal Parameters for Acceptance Sampling in Quality Control / M. Matveev, N. Alejnikova, V. Korotkov, V. Kalaeв, A. Gromkovsky // 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – Lipetsk, Russian Federation, 2023. – P. 443-446

20. Матвеев, М. Г. Дискретная однородная цепь Маркова для нечетких состояний / М. Г. Матвеев, Н. А. Алейникова, А. А. Громковский // Вестник Воронежского государственного университета, серия «Системный анализ и информационные технологии». — 2022. – № 4. – С. 119-131.

21. Zadeh, L. A. Probability measures and fuzzy events / L. Zadeh // J. Math. Anal. Appl. 23, 421-427 (1968).
22. Matveev, M., Korotkov, V. (2023). Fuzzy Risk States Assessment Using Markov Chains. In: Taratukhin, V., Levchenko, A., Kupriyanov, Y. (eds) Information Systems and Design. ICID 2022. Communications in Computer and Information Science, vol 1767. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32092-7_2
23. Матвеев, М. Г. Синтез дискретной нечеткой цепи Маркова на основе многомерных временных рядов / М. Г. Матвеев, Н. А. Алейникова, А. А. Громковский // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазина, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 865-876.

Секция 1
Методы и технологии
разработки программных
систем

Применение генетических алгоритмов для решения двухкритериальной задачи маршрутизации транспорта с ограничением по вместимости

О. В. Авсева, email: olga-avseeva@mail.ru

А. М. Гаврилов, email: andrej.gav@mail.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Проведено сравнение генетических алгоритмов оптимизации двухкритериальной задачи маршрутизации транспорта с ограничением по вместимости. Рассмотрены весовой генетический алгоритм, SPEA-2, NSGA-II, NSGA-III на случайно сгенерированной задаче. Сравнение производилось как визуально, так и с помощью специальной метрики для количественной оценки равномерности заполнения точками границы Парето.*

***Ключевые слова:** двухкритериальная задача маршрутизации, CVRP, эволюционные алгоритмы, весовой генетический алгоритм, SPEA2, NSGA-II, NSGA-III.*

Введение

В современном мире управление транспортными потоками играет решающую роль в обеспечении эффективного функционирования логистических систем и стимулировании экономического роста. Задача маршрутизации транспорта остается актуальной и сложной задачей, требующей оптимального планирования маршрутов транспортных средств с учетом различных критериев. Эволюционные алгоритмы, способные аппроксимировать оптимальные решения, предоставляют эффективные методы решения сложных двухкритериальных задач маршрутизации.

По мере увеличения сложности и масштабов транспортных систем возникает необходимость в инновационных подходах к решению проблемы маршрутизации перевозок. Эволюционные алгоритмы, вдохновленные естественным отбором и эволюционными механизмами, предлагают уникальные решения для решения сложных двухкритериальных задач по маршрутизации транспорта, включая оптимизацию как временных, так и стоимостных аспектов маршрутов.

1. Постановка задачи

Рассматриваемая задача маршрутизации транспортных средств (ТС) относится к комбинаторным задачам, которые можно представить в виде взвешенного графа $G(V, E)$, где

$V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$ – множество вершин, причем v_0 – начальная вершина, в которой расположено депо, $V' = \{v_1, \dots, v_n\}$ – множество вершин, где расположены пункты доставки:

$E = \{e_{ij} = (v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i \neq j\}$ – множество ребер.

Задана матрица расстояний C , где c_{ij} – расстояние между вершинами v_i и v_j .

Для всех пунктов доставки, т.е. для всех вершин из множества V' , известны запросы на доставку таким образом, задан вектор запросов пунктов доставки d .

m – количество идентичных ТС с одинаковой грузоподъемностью, причем каждому ТС назначается один маршрут.

R_i – маршрут i -го транспортного средства.

Задача маршрутизации состоит в определении такого множества маршрутов с минимальной общей стоимостью, чтобы каждая вершина множества V была посещена только одним автомобилем только один раз. Кроме того, все маршруты должны начинаться и заканчиваться в депо (v_0).

Будем далее предполагать, что для каждой пары вершин графа v_i, v_j определены несколько связывающих их элементарных маршрутов $m_{ij}^{(k)}$, $k = 1, \dots, K_{ij}$.

Под элементарным маршрутом будем понимать маршрут из города i в город j , без посещения других вершин.

Для каждого элементарного маршрута $m_{ij}^{(k)}$ определены две характеристики стоимость переезда $c_{ij}^{(k)}$ и время переезда $\tau_{ij}^{(k)}$.

Таким образом, получаем взвешенный мультиграф, дуги которого имеют веса, представляющие собой пары $(c_{ij}^{(k)}, \tau_{ij}^{(k)})$.

В такой постановке задача маршрутизации становится двухкритериальной и состоит в определении такого множества маршрутов, при котором общая стоимость и время переезда будут минимальными.

2. Многокритериальные задачи

В области оптимизации многокритериальные задачи представляют собой особый набор проблем и сложностей. В отличие от своих одноцелевых аналогов, многоцелевые задачи предполагают одновременную оптимизацию нескольких конфликтующих целей, что привносит уровень сложности, отражающий реальные сценарии принятия решений.

Многокритериальная проблема характеризуется наличием двух и более противоречивых критериев, которые необходимо оптимизировать одновременно. В отличие от однокритериальных задач, где единая цель направляет процесс оптимизации, многокритериальные задачи требуют анализа компромиссов для определения наилучшего компромисса между конкурирующими целями. Эти цели часто могут быть взаимосвязаны, и усиление одного критерия может привести к ухудшению другого.

Ключевое различие заключается в необходимости исследовать и перемещаться по границе Парето [1], набору решений, при котором не существует альтернативного решения, которое улучшило бы один критерий, не ставя под угрозу другой. Эта концепция подчеркивает фундаментальную задачу многоцелевой оптимизации – поиск решений, которые представляют собой лучший компромисс между противоречивыми целями.

Многоцелевые задачи находят применение в различных областях: от инженерии и финансов до логистики и транспорта. Например, в контексте транспортных маршрутов одновременная оптимизация маршрутов с минимальными затратами времени и средств представляет собой классическую многоцелевую задачу. Аналогичным образом, в управлении финансовым портфелем достижение баланса между максимизацией прибыли и минимизацией риска представляет собой еще один пример многоцелевой проблемы.

Сложность решения многокритериальных задач возникает из-за необходимости эффективного исследования оптимальных по Парето решений. Традиционные методы оптимизации часто с трудом справляются с компромиссами и сложностями, присущими таким проблемам. Эволюционные алгоритмы, вдохновленные естественным отбором, оказываются особенно искусными в навигации по сложному пространству решений многокритериальных проблем, обеспечивая многообещающий путь решения проблем, возникающих из-за противоречивых целей.

В последующих разделах мы углубимся в конкретные эволюционные алгоритмы и их применение к задаче двухкритериальной

транспортной маршрутизации, проливая свет на их эффективность в решении сложностей, присущих многокритериальной оптимизации.

3. Алгоритмы решения многокритериальной задачи

В сложной среде транспортных маршрутов, где оптимизация маршрутов для достижения противоречивых целей имеет первостепенное значение, эволюционные алгоритмы выделяются как универсальные инструменты. В работе рассматривается применение эволюционных алгоритмов в области двухкритериальной задачи маршрутизации транспорта с упором на взвешенный генетический алгоритм, NSGA-II, NSGA-III и SPEA-2.

Двухкритериальная задача маршрутизации транспортных средств с ограничением по вместимости (CVRP) представляет собой уровень сложности, требующий инновационных подходов к решению. Эволюционные алгоритмы, основанные на принципах естественного отбора и генетической изменчивости, обеспечивают эффективные средства навигации в сложном пространстве решений, свойственном многокритериальной оптимизации.

Взвешенный генетический алгоритм (WGA) описанный в [2, 3], предлагает уникальный подход к многокритериальной оптимизации путем присвоения весов различным критериям. Каждая особь в популяции оценивается на основе этих взвешенных критериев, и процесс пропорционального отбора определяет родителей следующего поколения. Вводя взвешенную сумму целей, WGA позволяет гибко исследовать пространство компромиссов, позволяя алгоритму сходиться к разнообразному набору оптимальных по Парето решений.

Генетический алгоритм сортировки без доминирования (NSGA) стал пионером в интеграции сортировки без доминирования для решения задач многокритериальной оптимизации. *NSGA-II* [4] усовершенствовал этот подход, вводя элитарность и более эффективный механизм сортировки, что значительно улучшило конвергенцию и разнообразие. *NSGA-III* [5, 6] еще больше расширил возможности своих предшественников, решая проблемы многоцелевой оптимизации, обеспечивая повышенную масштабируемость и улучшенную обработку растущего числа задач.

Эволюционный алгоритм Парето силы (SPEA) [7] и его преемник *SPEA-2* [8] используют уникальную концепцию «силы» для оценки доминирования решений. SPEA использует метод оценки плотности для поддержки разнообразного набора решений, а SPEA-2 расширяет этот подход, вводя более эффективного механизма выбора среды и адаптивные параметры. Оба алгоритма превосходно находят хорошо

распределенный набор оптимальных по Парето решений, способствуя всестороннему исследованию пространства решений.

Сравнение этих алгоритмов выявляет их сильные стороны и ограничения при решении двухкритериальной CVRP. В то время как WGA обеспечивает гибкость за счет взвешенных целей, алгоритмы серии NSGA превосходно поддерживают разнообразие и конвергенцию. Варианты SPEA, с другой стороны, демонстрируют умение эффективно работать с популяцией и продвигать разнообразный набор решений.

4. Результаты применения алгоритмов

В работе были реализованы алгоритмы *WGA*, *NSGA-II*, *NSGA-III* и *SPEA-2* для решения задачи маршрутизации транспорта с ограничением на вместимость (CVRP).

Сама задача генерируется случайным образом, в программе задается количество клиентов и максимальная вместимость транспортного средства. Для всех алгоритмов выбраны одинаковые параметры размера популяции, количества итераций, вероятности мутации и кроссинговера.

Для тестирования этих алгоритмов были заданы параметры: количество клиентов – 40, размер популяции – 500, количество итераций – 200, вероятность кроссинговера – 0.7, вероятность мутации – 0.2.

Сгенерированная задача решается 4 алгоритмами, на основе результатов каждого алгоритма вычисляется метрика [9] для количественной оценки равномерности заполнения точками границы Парето и отображение Парето фронта каждого алгоритма. На рисунке ниже приведен пример визуализации Парето фронтов.

Для количественной оценки алгоритма применена специальная метрика, которая вычисляется по формуле:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^{NP} |d_i - \bar{d}|}{(NP-1)\bar{d}}$$

Здесь d_i – Евклидово расстояние между i -ой точкой и ближайшей к ней на границе Парето,

\bar{d} – среднее значение расстояний,

NP – число точек на границе Парето.

Она позволяет оценить равномерность заполнения точками границы Парето. Усредненный результат оценки за 20 запусков программы показан в таблице.

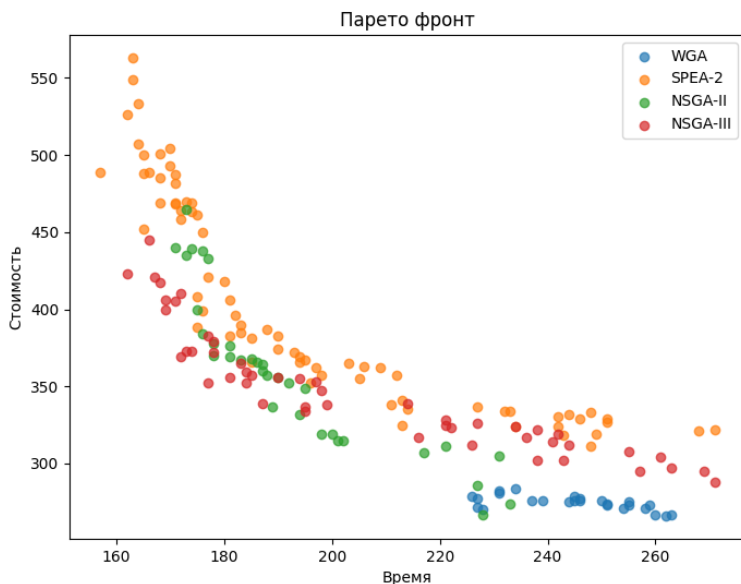


Рисунок. Парето фронты

Таблица

Метрика для количественной оценки равномерности заполнения точками границы Парето

	WGA	SPEA-2	NSGA-II	NSGA-III
Δ	0.45	0.56	0.60	0.56
NP	19	63	43	32

Исходя из визуального представления фронтов Парето и метрики оценки равномерности заполнения можно сказать, что алгоритм SPEA-2 выдал наибольшее количество результатов с лучшей равномерностью решений. Алгоритмы NSGA-II и NSGA-III показывают схожие решения, но зачастую NSGA-II приносит больше решений на сгенерированных задачах, а NSGA-III дает более равномерные решения. Решения, получаемые алгоритмом WGA, имеют наименьшее по размеру множество Парето. Можно сказать, что скаляризация путем присвоения весов целевых функций для данного типа задач не дает практических результатов.

Заключение

В ходе данного исследования задача двухкритериальной оптимизации маршрутизации емкостных транспортных средств (CVRP) была эффективно решена посредством применения различных эволюционных алгоритмов. Взвешенный генетический алгоритм, SPEA-2, NSGA-II и NSGA-III продемонстрировали свое мастерство, успешно обнаружив множества Парето, предоставив набор недоминируемых решений.

Разнообразие решений, полученных с помощью этих алгоритмов, открывает лицам, принимающим решения, возможность выбирать решения, соответствующие конкретным предпочтениям и приоритетам.

В дальнейшем планируется исследовать задачу, в которой стоимости переезда $c_{ij}^{(k)}$ являются константами, а время переезда - функциями от времени t , то есть $\tau_{ij}^{(k)} = \tau_{ij}^{(k)}(t)$ - время на проезд из пункта i в пункт j в случае, если начало движения совпадает с t .

В такой постановке можно будет учитывать текущую дорожную ситуацию – пробки на некоторых маршрутах в определенное время суток и дни недели, ограничения переезда в связи с ремонтом дороги и прочее.

Список литературы

1. Подиновский, В. В. Парето - оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 246 с.
2. Портал магистров [Электронный ресурс]: Сравнительный анализ многокритериальных генетических алгоритмов. – Режим доступа: <https://masters.donntu.ru/2019/fknt/lipova/library/article12.html>
3. Haupt, R. L. Practical genetic algorithms / R. L. Haupt, S. E. Haupt. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2004. – 253 p.
4. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II / K. Deb [et al.] // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 2002. – Vol. 6. – Iss. 2. – P. 182-197.
5. Deb, K. An Evolutionary Many-Objective Optimization Algorithm Using Reference-Point-Based Nondominated Sorting Approach, Part I: Solving Problems With Box Constraints / K. Deb, H. Jain // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 2014. – Vol. 18. – Iss. 4. – P. 577-601.
6. Deb, K. An Evolutionary Many-Objective Optimization Algorithm Using Reference-point Based Non-dominated Sorting Approach, Part II: Handling Constraints and Extending to an Adaptive Approach / K. Deb,

H. Jain // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 2014. – Vol. 18. – Iss. 4. – P. 602-622.

7. Zitzler, E. An Evolutionary Algorithm for Multiobjective Optimization: The Strength Pareto Approach / E. Zitzler, L. Thiele. – Tech. Rep. TIK-Report. – Zurich: Department of Electrical Engineering Swiss Federal Institute of Technology, 1998. – 40 p.

8. Zitzler, E. SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm / E. Zitzler, M. Laumanns, L. Thiele. – Tech. Rep. TIK-Report. – Zurich: Department of Electrical Engineering Swiss Federal Institute of Technology, 2001. – 21 p.

9. Казаков, П. В. Возможности генетических алгоритмов для решения задачи многокритериальной оптимизации инвестиционного портфеля / П. В. Казаков // XII национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010 (20-24 сентября 2010 г., Тверь, Россия). – М: Физматлит, 2010. – Т. 4. – С. 106-112.

Структуры пространственной индексации данных, управляемые из пространства

О. В. Авсева, email: olga-avseva@mail.ru

И. М. Гаврилов, email: iliash.g6@mail.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Проведено сравнение производительности структур на примере точечных и полигональных данных, выявляя их преимущества и ограничения. Рассмотрены такие структуры как фиксированная сетка, quadtree, k-d дерево.*

***Ключевые слова:** Пространственная индексация, фиксированная сетка, quadtree, k-d дерево, структуры, управляемые пространством*

Введение

В мире современных информационных технологий, где объемы данных стремительно растут, эффективное управление и быстрый доступ к информации становятся ключевыми задачами. В условиях такого информационного обилия важно не только тщательная обработка и хранение данных, но и способность эффективно структурировать, анализировать и извлекать ценные знания из этого потока информации. В этом контексте пространственная индексация данных выступает важным инструментом, обеспечивающим систематизацию и легкий доступ к геометрически или географически связанным данным.

Пространственная индексация — это метод организации данных, который учитывает их пространственное расположение или географическую природу. Этот подход позволяет эффективно работать с информацией, основываясь на её местоположении, что особенно важно в случае геопространственных данных, картографии, геоинформационных систем (ГИС) и других областей, где пространственный аспект играет ключевую роль.

В традиционных системах баз данных данные упорядочиваются (или сортируются) для эффективного поиска с помощью такого подхода к упорядочиванию, как В-дерево. Но этот подход ограничен одномерными данными, такими как текст, числа, строки и т. д. Для пространственных данных необходимо использование специализированных алгоритмов и структур, способных эффективно обрабатывать запросы, связанные с пространственными отношениями.

Существует две основные группы индексных структур для пространственных баз данных: структуры, управляемые пространством, и структуры, управляемые данными. В следующем разделе мы обсудим алгоритмы пространственных индексов, основанные на структурах, управляемые из пространства.

1. Структуры, управляемые из пространства

В структуре, управляемой пространством, объекты в двумерном пространстве разбиваются на ячейки. Этот подход позволяет систематизировать и организовать информацию, представленную на плоскости, с целью более эффективного управления и организации данных. Ячейки могут быть квадратными, прямоугольными или даже нестандартной формы, в зависимости от конкретной структуры.

Важным элементом при управлении пространством является определение правил, по которым объекты размещаются в ячейках, а также как эти ячейки взаимодействуют между собой. Это позволяет создавать системы, которые адаптируются к изменениям в данных и обеспечивают эффективное использование пространства [1, 2].

В следующих разделах будут последовательно представлены несколько структур, управляемых пространством, таких как фиксированная сетка, quadtree и k-d дерево.

2. Фиксированная сетка

Простейшая структура, управляемая пространством - фиксированная сетка. Структура с фиксированной сеткой охватывает заранее определенную часть пространства и представляет собой массив $n \times m$ ячеек одинакового размера. Каждая ячейка представляет собой область пространства, созданную путем разбиения области с помощью равномерной сетки, которой можно присвоить уникальный идентификатор и использовать для пространственного индексирования. Для каждой ячейки строится массив, содержащий идентификатор объектов, отображенных в данную ячейку.

Таким образом сетчатая структура представляет собой набор индексированных ячеек, содержащих в себе информацию об объектах, с которыми они пересекаются в пространстве.

Пример сетки с размерностью 4×4 показан на рис.1. Двумерная сетка, ограниченная прямоугольной областью, разбивается на 16 одинаковых ячеек. Каждая ячейка идентифицируется своими координатами в рамках ограничивающей области. Прямоугольник, отраженный на пространство с фиксированной сеткой, содержится во всех ячейках, с которыми пересекается. В данном случае информацию об объекте будут содержать ячейки (1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), если учесть,

что нумерация ячеек берет свое начало в левом нижнем углу и начинается с $(0,0)$.

Решетчатая файловая структура удовлетворяет требованиям с точки зрения временной сложности и сложности пространства. Однако фиксированная сетка ограничена неравномерно распределенными данными, что приводит к переполнению ячеек, которые используются другими. Дублирование объектов в соседних ячейках увеличивает размер индекса, а удаление дубликатов требует больших затрат при большом размере результата.

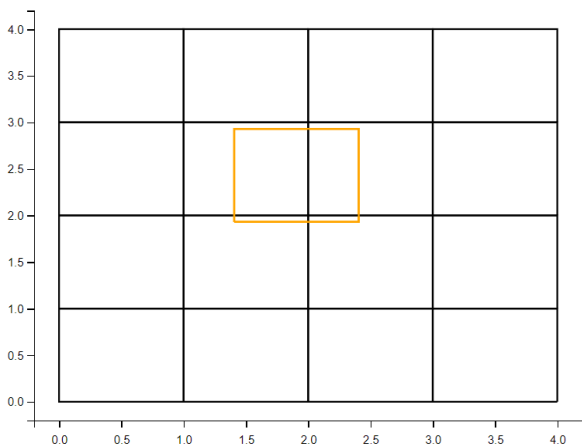


Рис. 1. Пример фиксированной сетки

3. Quadtree

Quadtree - это структура данных, используемая для разбиения двумерной плоскости на четыре равных квадранта. Квадранты называются северо-западный (NW), северо-восточный (NE), юго-западный (SW) и юго-восточный (SE). В структуре Quadtree (рис. 2.) пространство рекурсивно декомпозируется на четыре квадранта до тех пор, пока количество объектов в каждом квадранте не будет меньше предопределенного порога [3 – 5].

Квадранты, как правило, не сбалансированы, так как дерево идет глубже для областей с более высокой плотностью. Quadtree может быть использовано для представления таких данных, как точка, область, линия и кривая. Каждый квадрант хранит информацию о своей области и одномерный список объект полностью содержащиеся в нем.

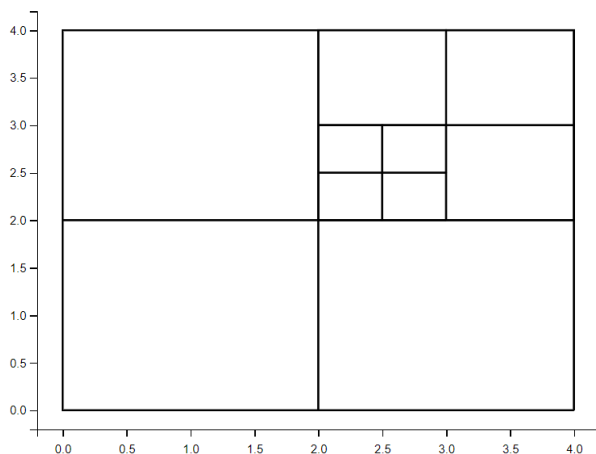


Рис. 2. Пример quadtree

4. К-D дерево

К-D дерево хранит k -мерные точки в прямоугольных параллелепипедах. Каждый прямоугольный параллелепипед соответствует одному узлу k -d дерева. Вся интересующая область является корнем дерева. Внутренние узлы разбиваются прямоугольниками, ортогональными одной из d осей координат (для каждого уровня i k -d-дерева ось координат, ортогональная к разделяющему прямоугольнику, является осью координат x_i), на два прямоугольных параллелепипеда. Точки исходного прямоугольного параллелепипеда, у которых координата x_i меньше или равна координате x_i разделяющего прямоугольника, представлены левым поддеревом, а остальные – правым (рис. 3.). Каждый узел k -d дерева состоит из записей и двух указателей. Указатели либо нулевые, либо указывают на другие узлы. Вставка нового указателя приведет к разбиению существующего узла на два новых узла [6].

Основная проблема k -d дерева заключается в том, что его структура зависит от порядка вставляемых точек. В случае, когда для k точек создано k уровней, поиск займет линейное время. Решением этой проблемы является балансировка структуры. К-d дерево можно сделать осведомленным о данных, выбрав медианную точку из данных и разделив данные на две половины. Это обеспечивает сбалансированность обоих разделов двоичного дерева.

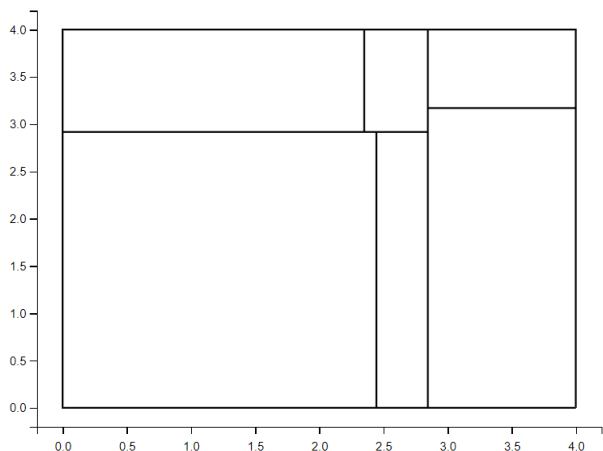


Рис. 3. Пример k-d дерева

В двумерном пространстве корневой узел дерева будет разделен медианным значением координаты x объектов в корне. Затем два дочерних узла корня делятся на медианные значения координаты y объектов в каждом узле.

Благодаря такому разделению адаптивное k-d дерево является сбалансированным. Однако при балансировке k-d дерева гибкость структуры не позволяет вставлять или удалять точки. Это связано с запретами стандартных стратегий балансировки, основанных на вращении. Вращение не может быть использовано, так как оно разрушает правило на заданной глубине дерева.

5. Сравнение алгоритмов

Сравнение алгоритмов будем проводить на двух типах данных: точки и полигоны, по двум метрикам: построения индекса и поиск ближайшего соседа в зависимости от количества входных данных. Данные будут генерироваться случайным образом в области пространства $((0,0), (1000, 1000))$ в количестве от 100 до 1млн. Зададим начальные параметры для quadtree – максимальная глубина дерева 16 и порог разбиения узла – при достижении 16 точек. Размерность для фиксированной сетки возьмем 64×64 ячейки.

Начнем сравнение структур индексов на точках (рис. 4, 5).

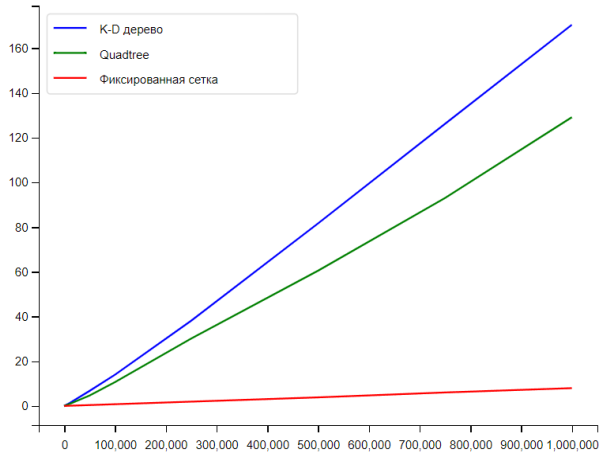


Рис. 4. Построение индексов на точках

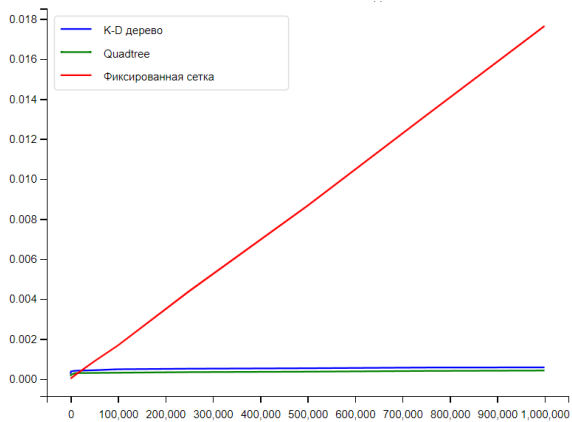


Рис. 5. Поиск ближайшего соседа на точках

С такими же начальными параметрами сравним структуры на полигонах (рис. 6, 7).

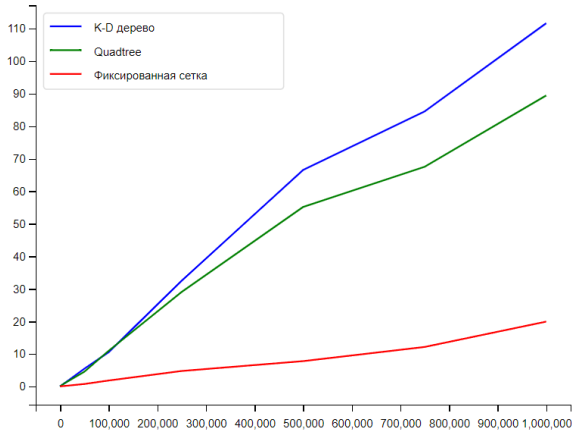


Рис. 6. Построение индексов на полигонах

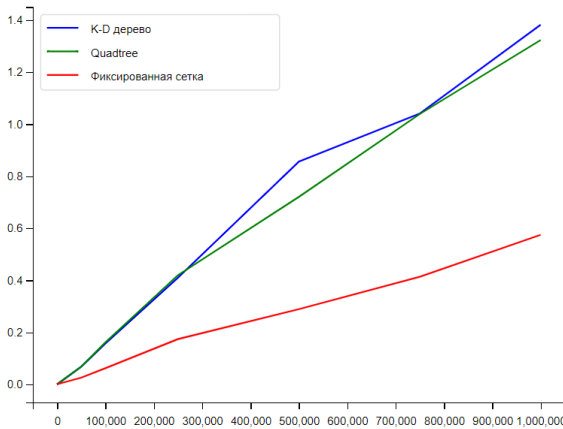


Рис. 7. Поиск ближайшего соседа на полигонах

Исходя из приведенных графиков, можно сказать, что k-d дерево лучше всего подходит для точечных данных. Время построения индекса увеличивает сортировка и поиск медианы на каждом шаге разбиения, но в итоге дает сбалансированную структуру, позволяющую быстро находить ближайшие точки к заданной.

Фиксированная сетка имеет самую простую структуру, отсюда время построения сетки минимальное. Лучше всего подходит для

равномерно распределенных данных, эффективность теряется при неравномерным распределении, когда некоторые ячейки могут содержать слишком много или слишком мало данных.

Структура quadtree лучше справляется с разнородно распределенными данными, поскольку позволяет адаптироваться к плотным и разреженным областям.

Заключение

Структуры пространственной индексации данных, управляемые из пространства, предоставляют эффективные методы организации и поиска пространственных данных. Фиксированная сетка, quadtree и k-d дерево представляют собой различные подходы к решению этой задачи, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от конкретного контекста использования. Выбор структуры зависит от особенностей данных, требований к эффективности и спецификаций задачи.

В дальнейшем планируется исследование вариантов алгоритмов способствующие увеличению производительности и адаптации к различным данным.

Список литературы

1. Bentley, J. L. Multidimensional binary search trees used for associative searching / J. L. Bentley // Communications of the ACM. – Stanford, 1975. – Vol. 18. – P. 509-517.

2. Zhang, Y. The improvement and implementation of k nearest neighbor / Y. Zhang // Computer Development and Application. – 2008. – Vol. 21. – P. 18-21.

3. Finkel, R. A. Quad trees a data structure for retrieval on composite keys / R. A. Finkel, J. L. Bentley // Acta Informatica. – 1974. – Iss. 4. – P. 1-9.

4. Bentley, J. L. Analysis of range searches in quad trees. / J. L. Bentley, D. F. Stanat // Information Processing Letters. – 1975. – Vol. 3. – P. 170-173.

5. Деревья квадрантов и распознавание коллизий. – [Электронный ресурс]: Хабр – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/473066>

6. Анатомия KD-Деревьев. – [Электронный ресурс]: Хабр – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/312882>

Алгоритм отбора наиболее значимых моделей лица на основе деформационных градиентов

А. Д. Борисов, email: radiatus@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработан жадный алгоритм с деформационными градиентами для оптимизации процесса создания цифровых копий лиц в кино и видеоиграх, с фокусом на уменьшении количества ключевых кадров при сохранении их значимости.*

Ключевые слова: *жадный алгоритм, деформационные градиенты, оптимизация ключевых кадров.*

Введение

В современном мире компьютерной графики ключевую роль играет разработка цифровых копий персонажей для фильмов и видеоигр. Этот процесс порождает множество задач, нацеленных на автоматизацию и повышение качества таких цифровых копий. Основная часть этих задач зависит от алгоритмов, которые требуют сканированных данных о мимике актеров. Для получения этих данных используется фотограмметрия, за которой следует обработка 3D-сканов.

Качество результата напрямую зависит от количества использованных ключевых кадров: чем их больше, тем результат достовернее, но это замедляет процесс обработки. Таким образом, важной задачей является сокращение числа ключевых кадров без потери их значимости. Работа, которую мы рассматриваем, посвящена именно этой проблеме и базируется на использовании жадного алгоритма с деформационными градиентами для выбора наиболее важных 3D-моделей лица из имеющегося набора

1. Существующие решения

В поисках решений для этой задачи можно рассмотреть применение метода анализа главных компонент (PCA) [1], который способен уменьшать размерность данных, сохраняя при этом важнейшую информацию. Но следует учесть, что данный метод может привести к потере соответствия между исходными данными и выделенными ключевыми компонентами.

Метод PCA может быть использован для формирования линейной комбинации ключевых кадров для снижения сложности задачи, как в

случаях реконструкции изображения или 3D-скана лица [2]. Вначале используется большое количество кадров для линейного смешивания, но для упрощения работы, сохраняются только основные компоненты с помощью PCA. Однако, из-за обширности исходных данных, этот метод может быть медленным.

Тем не менее, в задачах, где критично сохранение семантики данных, такой метод неэффективен. Например, в задаче выбора наиболее важных моделей лица для извлечения текстур для дальнейшей работы, сжатие с помощью PCA приводит к потере соответствия между сжатыми геометриями и их оригинальными текстурами. Это применимо только если текстуры также подвергнутся сжатию, но такие изображения будут слишком нечеткими [3]. В предложенном подходе исходные данные остаются неизменными, но классифицируются по степени их значимости.

Способы сегрегации могут быть разнообразными. Основной вопрос заключается в выборе метрик для отбора наиболее значимых элементов из набора. Распространенной метрикой является сравнение вершин моделей, а более точной – сравнение изменений относительно нейтральной формы геометрии. Однако оба этих метода не учитывают перемещения в пространстве. В данной работе предлагается применение деформационных градиентов. Деформационный градиент – это понятие из механики сплошных сред, описывающее локальные изменения формы материала, включая его растяжение, сжатие и деформацию. В контексте 3D-графики, деформационные градиенты используются для точного моделирования изменений в геометрии объектов, что особенно важно при сложных анимациях и деформациях. Они обеспечивают инвариантность к перемещениям геометрии и позволяют сегрегировать данные, основываясь только на изменении их формы.

2. Описание жадного алгоритма

Алгоритм начинается с комплекта ключевых кадров, представляющих собой обработанные 3D-сканы человеческого лица, которые могли быть получены через фотограмметрию или видеogramметрию.

Процесс работы алгоритма описывается так:

- Выбор нейтральной модели лица из набора данных, которая обычно является выражением лица без эмоций. Эта модель зафиксирована во время сканирования или съемки;

- Использование нейтральной модели как входного элемента для алгоритма. В случае отсутствия такой модели, она вычисляется как

среднее всех вершин входящих моделей. Все остальные модели также подаются в алгоритм для определения ключевых;

- Определение деформационных градиентов между нейтральной и целевыми геометриями, вычисляемых для каждого треугольника [4, 5];

- Создание базиса, включающего нейтральную модель и деформационные градиенты с наибольшей амплитудой, часто соответствующих экстремальным выражениям, например, крику;

- Описание оставшихся геометрий через линейную комбинацию этого базиса, используя метод наименьших квадратов для определения весов смешивания, следуя формуле:

$$\mathbf{w} = (\mathbf{d}'\mathbf{d})^{-1}\mathbf{d}'\mathbf{d}_i,$$

где \mathbf{d} – деформационные градиенты для геометрий базиса, \mathbf{d}_i – деформационные градиенты для целевой геометрии;

- Расчет ошибки реконструкции, определяемой как сумма евклидовых норм разницы всех точек геометрий;

- Добавление геометрий с наибольшей ошибкой к текущему базису.

Этот процесс повторяется до формирования базиса нужного размера или достижения требуемой точности.

3. Результаты

Алгоритм демонстрирует способность эффективно выделять наиболее важные кадры из набора с минимальными вычислительными затратами. Проведенный анализ ключевых кадров из сессии сканирования показал, что алгоритм успешно определяет кадры, имеющие наибольшее значение, учитывая всю геометрию головы. Это особенно важно, поскольку такая сортировка позволяет оптимизировать процессы моделирования и анимации.

В рамках исследования были представлены визуальные результаты на рисунке, иллюстрирующие эффективность алгоритма. Например, при использовании базиса из 10 геометрий, точность реконструкции для оставшихся геометрий головы достигала 89.78%. Это подчеркивает, что даже с ограниченным числом геометрий в базисе, алгоритм способен точно воссоздать сложные формы.

Дополнительно, были проведены эксперименты, нацеленные на сортировку геометрий по значимости в конкретных регионах, таких как переносица. В этих случаях результаты также показали высокую эффективность с точностью реконструкции в этом конкретном регионе до 96.32%. Это подтверждает, что алгоритм может быть точно настроен для работы с определенными областями геометрии, что важно для

детализированной работы над выражениями лица или специфическими анимациями.

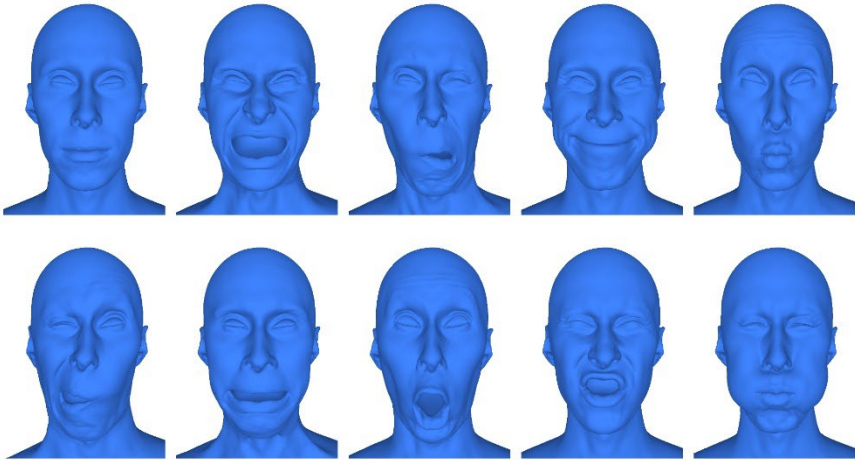


Рисунок. Геометрии выражений в порядке значимости по результатам работы алгоритма

Применение деформационных градиентов оказывается более предпочтительным по сравнению с дельтами смещения, так как они фокусируются на форме геометрии, а не только на ее положении в пространстве. Это позволяет достигать более высокой точности в воссоздании динамических и сложных анимаций, особенно когда речь идет о мимике и движениях мягких тканей. В отличие от дельт смещения, которые учитывают только перемещение, деформационные градиенты включают в анализ изменения формы, обеспечивая более точное и реалистичное моделирование. В результате, точность реконструкции повысилась на 4% по сравнению с результатами, полученными при использовании дельт смещения

4. Применение

Давайте рассмотрим, как данный алгоритм может быть использован для оптимизации и улучшения работы других алгоритмов. В задачах реконструкции лица из изображений или сканов часто необходимо сохранить исходную семантику ключевых кадров, которые затем смешиваются линейно. Использование метода главных компонент в таких случаях не позволяет уменьшить размерность задачи, что усложняет процесс. Наш подход предлагает решение в виде выбора

наиболее значимых кадров. Помимо этого, некоторые алгоритмы реконструкции делят лицо на отдельные зоны, что дает дополнительную гибкость в моделировании деформаций. Это позволяет отбирать важнейшие кадры отдельно для каждой зоны.

Часто в процессе создания длинной анимации необходимо определить самые значимые кадры. Обычно этим занимается 3D-художник, опираясь на своё визуальное восприятие, что требует много времени. Наш алгоритм способен выполнять эту задачу автоматически, и проведенные испытания показали, что он выбирает кадры схожим образом, как это делал бы профессиональный художник.

Заключение

Таким образом, был представлен новаторский алгоритм, специально разработанный для выявления наиболее значимых геометрий человеческого лица из обширного набора данных. Основное преимущество алгоритма заключается в его способности выполнять эту задачу с минимальными вычислительными затратами, что делает его идеальным для автоматического использования в различных типах задач. Особенно важным элементом этого алгоритма является использование деформационных градиентов, что обеспечивает высокую эффективность и точность в отборе ключевых геометрий для последующего применения в других алгоритмах.

Список литературы

1. Jolliffe, I.T. *Principal Component Analysis* / I.T. Jolliffe // Springer Series in Statistics. – New York: Springer-Verlag, 1986. – P. 247-257.
2. Tran, L. *Nonlinear 3D Face Morphable Model* / L. Tran, X. Liu // CVPR. – N.Y., 2018. – P. 7346-7355.
3. *Face Recognition: A Comparison of Appearance-Based Approaches* / T. Heseltine [et al.] // NCSIP. – Sydney, 2003 – P. 59-69.
4. *Mesh-Based Inverse Kinematics* / R.W. Sumner [et al.] // ACM Trans. Graph. – New York, 2005. – P. 488-495.
5. Chu, H.-K. *Example-based Deformation Transfer for 3D Polygon Models* / H.-K. Chu, C.-H. Lin // Journal of Information Science and Engineering. – 2010. – Vol. 26. – Iss. 2. – P. 379-391.

Анализ рынков NFT и NFT игр

В. И. Валеев, email: valeev_v_i@sc.vsu.ru

В. С. Тарасов, email: tarasov.vyacheslav90@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе в рамках разработки NFT игры проводится анализ рынков NFT и NFT игр с целью выделения трендов и формирования базовых концепций.*

***Ключевые слова:** блокчейн, NFT.*

Введение

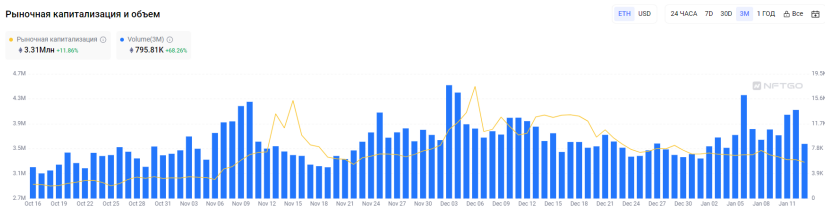
NFT игры являются довольно молодым и вместе с этим до сих пор недостаточно раскрытым направлением в разработке. Однако у них видится большой потенциал ввиду ряда факторов: наличия концепции P2E (play-to-earn), то есть заработка во время игры, возможности однозначного подтверждения на владение активом и принципиальной особенности самих NFT – невзаимозаменяемости (отсюда и их название – non-fungible token). Соответственно, необходим анализ предметной области с целью подтверждения или опровержения актуальности проведения разработки, выделения трендов и формирования базовых концепций игры. В частности, какие игры с наибольшей вероятностью заинтересуют аудиторию, какие хорошие и плохие практики можно выделить в существующих проектах. Отличительной чертой NFT игр являются NFT, поэтому важно проанализировать и оценить именно их текущее состояние. Стоит подчеркнуть, что такого рода анализ очень важен с точки зрения геймдизайна, а хорошо продуманный геймдизайн во многом определяет успех проекта.

1. Анализ рынка NFT

За последний год произошло падение капитализации и объема торгов почти в 2 раза, как можно заметить на рис. 1а. Однако, динамика за последние 3 месяца положительная, что подтверждает рис. 1б. Из этого следует, что рынок NFT в целом недостаточно стабилен и сложен с точки зрения оценивания экономических рисков при внедрении NFT в какие-либо программные продукты.



а



б

а – динамика за последний год, б – динамика за последние 3 месяца

Рис. 1. Динамика рыночной капитализации и объема торгов NFT

Стоит сказать, что для разработки NFT игры наиболее интересна другая статистика, а именно данные о держателях NFT. Как видно на рис. 2, этот показатель практически стабильно растет, к тому же очень заметен линейный рост. Также стоит обратить внимание, что держателей всего около 6.5 миллионов человек, что даже меньше промилле населения планеты, и из этого следует, что NFT игра должна быть больше ориентирована на обычных игроков, которых по скромным оценкам на пару порядков больше [1], а NFT должны быть ненавязчивым дополнением.

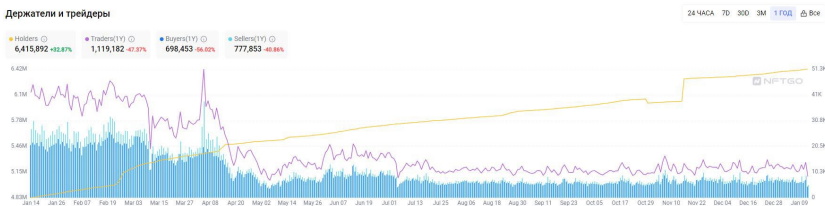


Рис. 2. Динамика держателей и трейдеров NFT за последний год

Также стоит отметить, что согласно рис. 3 игровые NFT в сравнении с прочими обладают наилучшей ликвидностью, что обуславливает их актуальность.

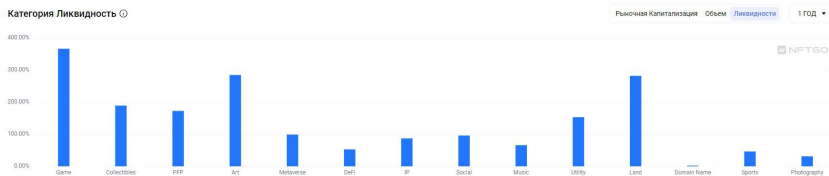


Рис. 3. Ликвидность NFT в различных категориях

Однако по рис. 4 видно, что объем торгов игровых NFT на данный момент довольно мал. Это говорит о том, что рынок таких игр относительно других категорий скуден, и у новой NFT игры есть хорошие возможности продвигать свои внутренние NFT путем вовлечения пользователей в игровой процесс.



Рис. 4. Объем торгов NFT в различных категориях

2. Анализ рынка NFT игр

В этом разделе будет рассмотрен ряд NFT игр с принципом P2E, в которые можно начать играть буквально с нуля, то есть практически без стартовых вложений, что важно в контексте привлечения игровой аудитории. Также стоит отметить, что в 2024 году ожидается выход NFT игр от крупных студий, с большими бюджетами и качественной проработкой [2], что уже говорит о достаточной привлекательности данной сферы индустрии.

Axie Infinity – игра с карточными боями при помощи разнообразных питомцев (акси). Для того, чтобы к ней присоединиться, нужно купить хотя бы трех акси. Однако на текущий момент это немалая инвестиция для новичка. С учетом популярности игры, зверюшки стоят от 20 до 200 долларов на игровом маркетплейсе. В сообществе игры сформировалась тенденция помощи начинающим игрокам, когда один пользователь спонсирует покупку трех первых персонажей, а новичок должен какое-то время отдавать часть

заработанных во время игры токенов SLP инвестору, это еще называют стипендиальной программой. Найти пользователей, желающих предоставить стипендию, можно в сообществах Reddit или Discord. Но надо быть готовым к тому, что сначала зададут несколько вопросов по игре и вообще по блокчейну, чтобы понять уровень знаний. Таким образом, можно сказать, что есть возможность начать играть без стартовых вложений. У игры есть собственные токены: AXS, SLP. Рыночная капитализация AXS составляет порядка 4 миллиардов долларов, что является огромным показателем среди прочих NFT игр. Из недостатков можно выделить вышеупомянутую стипендиальную программу. Новичков может отталкивать необходимость искать спонсора и договариваться с ним о взаимодействии.

Splinterlands – карточная игра с элементами торговли, работающая на блокчейне Hive. Начать играть можно совершенно бесплатно, но потом можно торговать своими игровыми предметами. При желании вложения возможны, чтобы разблокировать получение наград. Игра имеет сюжет, основанный на древней мифологии. Игра была ранее известна как Steem Monsters. Геймплей представляет собой сражения с вражескими монстрами в обмен на награды. Кроме того, игроки могут повышать награды, комбинируя несколько карт. Рыночная капитализация игрового токена SPS составляет порядка 70 миллионов долларов. Из недостатков стоит отметить нестабильную работу игры. Она зависает, моментами не прогружается страница. Помимо этого, обнаружена плохая поддержка разными браузерами. Также нет русской локализации, что только отчасти можно компенсировать встроенным в браузер переводчик.

Thetan Arena – игра в жанре MOBA, которая в конце 2021 года установила рекорд – собрала всего за две недели после запуска 6 млн активных пользователей. Стилистически она похожа на популярную MOBA League of Legends с ее изометрической перспективой. Thetan Arena работает на Binance Smart Chain. Экономика игры основана на внутриигровой монете Thetan (THC), а также эксклюзивной валюте Thetan Gem (THG), используемой для развития героев. При регистрации дается один стандартный герой, так что можно начать играть без вложений. Однако со временем в процессе развития можно обзавестись более мощными премиальными героями. Рыночная капитализация THG составляет порядка 170 миллионов долларов [3]. Стартовые игровые персонажи не являются NFT, и в ходе исследования было выяснено, что с их помощью невозможно зарабатывать, и возникает необходимость покупать NFT персонажей. Другими словами, новичок сталкивается с обычной MOBA игрой, которая уступает в проработанности

знаменитым Dota 2 и League of Legends, и особенность игры проявляется только при реальных вложениях.

Из игр от российских разработчиков можно выделить только Waves Ducks, которая сравнительно не популярная (с рыночной капитализацией токена EGG менее миллиона долларов [4]) и требует стартовых вложений.

Заключение

В ходе работы был проведен анализ рынков NFT и NFT игр, в результате которого можно сказать, что разработка NFT игры на данный момент имеет перспективы. С точки зрения привлечения игровой аудитории наибольший положительный эффект ожидается в случае внедрения NFT как ненавязчивую игровую часть, например, внешний вид игровых предметов или награды за необязательные задания. Стоит отметить, что наиболее популярны NFT игры с казуальным уклоном, и это следует учитывать при разработке. Также практически в каждой рассмотренной игре только условно можно играть без стартовых вложений. В целях наибольшего привлечения аудитории к блокчейну и NFT предлагается сделать NFT финансово максимально доступными, в дальнейшем же в зависимости от успеха проекта и экономической динамики вводить некоторые ограничения, так как будет возрастать риск гриндинга [5] и ботоводства [6], что с большой вероятностью негативно скажется на рынке внутриигровых NFT.

Список литературы

1. DFC: Global game audience reaches 3.7 billion [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.gamesindustry.biz/dfc-global-game-audience-reaches-37-billion>
2. Лучшие NFT игры в 2024 году - Игры с выводом денег без вложений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru-crypto.com/luchshie-nft-games>
3. 7 лучших NFT-игр без вложений в 2024 году – проекты GameFi, не требующий инвестиций [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://proinvestment.com/nft-games-without-attachments/>
4. Курс Waves Ducks, график EGG и рыночная капитализация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.coingecko.com/ru/Криптовалюты/waves-ducks>
5. Definition:Grinding | Game Difficulty Wiki | Fandom [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://game-difficulty.fandom.com/wiki/Definition:Grinding>
6. Ботоводство в играх заработка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pro-investing.ru/botovodstvo-v-igrah-zarabotok/>

Реализация многопоточности с помощью Unity Job System в рамках фреймворка LeoECSLite

А. А. Введенский, e-mail: artvved2000@mail.ru

П. С. Лысачев, e-mail: petr.lysachev@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

***Аннотация.** Рассмотрено расширение для фреймворка LeoECSLite, позволяющее использовать систему задач для реализации многопоточности.*

***Ключевые слова:** Unity Job System, LeoECSLite, система задач, архитектурный паттерн, Entity-Component-System, разработка игр, многопоточность.*

Введение

В современном мире игровая индустрия представляет собой один из самых крупных и динамично развивающихся сегментов рынка. С появлением новых технологий и повышением доступности игр для широкой аудитории, игры стали неотъемлемой частью нашего досуга.

Процесс создания игр требует использования специализированных инструментов, в основе которых лежат игровые движки, предоставляющие инструменты для работы с графикой, звуком, физикой и игровой логикой. Unity – один из самых популярных игровых движков. Он является привлекательным выбором для разработчиков благодаря своей простоте использования, мощным функциям, кроссплатформенности и поддержке большого сообщества разработчиков.

Для улучшения повторного использования кода и разделения обязанностей между его частями используются различные архитектурные паттерны: MVC, MVVM, ECS [1]. Путем применения этих паттернов и использования соответствующих фреймворков достигается повышение эффективности повторного использования кода без дублирования его функциональности [2]. Архитектурный паттерн – это общее, многократно используемое решение часто встречающейся проблемы в архитектуре программного обеспечения в данном контексте [3]. Архитектурный паттерн определяет структуру и организацию компонентов приложения, а также правила взаимодействия между ними. Фреймворк для архитектурного паттерна предлагает готовые решения и инструменты, чтобы помочь разработчикам эффективно реализовывать

паттерн и следовать ему. Примером популярного архитектурного паттерна в игровой индустрии может служить ECS (Entity-Component-System). Паттерн позволяет организовать игровые объекты в виде сущностей (entities), состоящих из компонентов (components) и систем (systems), что обеспечивает гибкую и масштабируемую архитектуру [4].

Для удобного использования паттерна ECS в разработке игр, существует фреймворк LeoECSLite, который предоставляет набор инструментов и возможностей для эффективной работы с ECS. LeoECSLite – новая, более легковесная версия популярного фреймворка LeoECS. Легковесность фреймворка проявляется в его стремлении увеличить модульность и сделать ядро максимально простым. Большинство возможностей и функций перенесены в расширения, которые можно выборочно подключать по желанию.

Для улучшения производительности игры нередко требуется использование многопоточности. Эффективно использовать многопоточность в Unity позволяет система распределенных задач – Unity Job System.

1. Паттерн ECS и фреймворк LeoECSLite

Основная идея паттерна ECS заключается в разделении объектов на три основных компонента:

- Сущность (entity) представляет собой абстракцию над объектом, которая может быть определена как набор компонентов.
- Компонент (component) – это данные, представляющие какое-либо свойство или атрибут сущности. Компоненты не содержат логики, они просто хранят информацию.
- Система (system) отвечает за обработку компонентов сущностей. Системы выполняют операции над компонентами и манипулируют данными.

Рассмотрим структуру фреймворка LeoECSLite. Главным контейнером данных является класс EcsWorld, который хранит сущности, представленные примитивным типом int, пулы и фильтры компонентов, представленных значимым типом struct.

Фильтр компонентов представлен классом EcsFilter. Он является контейнером для хранения набора отфильтрованных сущностей по наличию или отсутствию определенных компонентов и позволяет последовательно проходить по этому набору.

Пул компонентов представлен классом EcsPool<T>, где T – это тип хранимого компонента. Этот класс хранит в себе массивы sparseItems и denseItems. В первом массиве по индексу сущности хранится индекс, по которому во втором массиве хранится компонент типа T, относящийся к этой сущности.

Система представлена контейнером, содержащим основную логику обработки отфильтрованных сущностей. Существует в виде пользовательского класса, реализующего как минимум один из поддерживаемых интерфейсов: `IEcsInitSystem`, `IEcsDestroySystem`, `IEcsRunSystem` и прочих. В каждой итерации игрового цикла системы последовательно обрабатывают данные согласно своей логике.

2. Unity Job System

Unity Job System является инструментом, предоставляемым Unity Technologies, для увеличения производительности приложений [5]. Он позволяет разработчикам распараллеливать вычисления и обработку данных на несколько потоков, чтобы эффективно использовать мощность процессора. Система заданий реализует многопоточность путем создания заданий вместо непосредственного создания потоков. Концепция задания: небольшая единица работы для выполнения определенной задачи [6]. Так же, как и любые другие данные в системе ECS, задачи в Job System представлены в виде структур, которые реализуют один из трех интерфейсов: `Job`, `JobParallelFor`, `JobParallelForTransform`. Задание получает параметры и манипулирует данными, аналогично вызовам функций. Между заданиями могут существовать отношения зависимости, то есть одно задание может быть выполнено после завершения другого задания.

Система заданий управляет набором рабочих потоков и обеспечивает одно логическое ядро процессора и один рабочий поток, чтобы избежать переключения контекста.

Система заданий помещает задания в очередь заданий, а рабочие потоки получают задания из очереди заданий и выполняют их. Кроме того, система заданий управляет зависимостью заданий и обеспечивает правильность сроков выполнения.

Недостатком процесса копирования данных системы безопасности (Job system) является изоляция результатов работы в каждой копии. Чтобы преодолеть это ограничение, необходимо хранить результаты в виде разделяемой памяти, называемой `NativeContainer`.

`NativeContainer` – это механизм хранения данных для обеспечения безопасного доступа к ним из нескольких потоков. Он позволяет совместно использовать данные между различными экземплярами задач и потоками выполнения, обеспечивая безопасность доступа и предотвращая состояние гонки или другие ошибки синхронизации.

Интерфейс `JobParallelFor`, в отличие от `Job`, предлагает выполнить задачу несколько раз, разбивая это выполнение на блоки, которые будут распределены между потоками. Жизненный цикл задания, реализующего интерфейс `JobParallelFor`, представлен на рисунке.

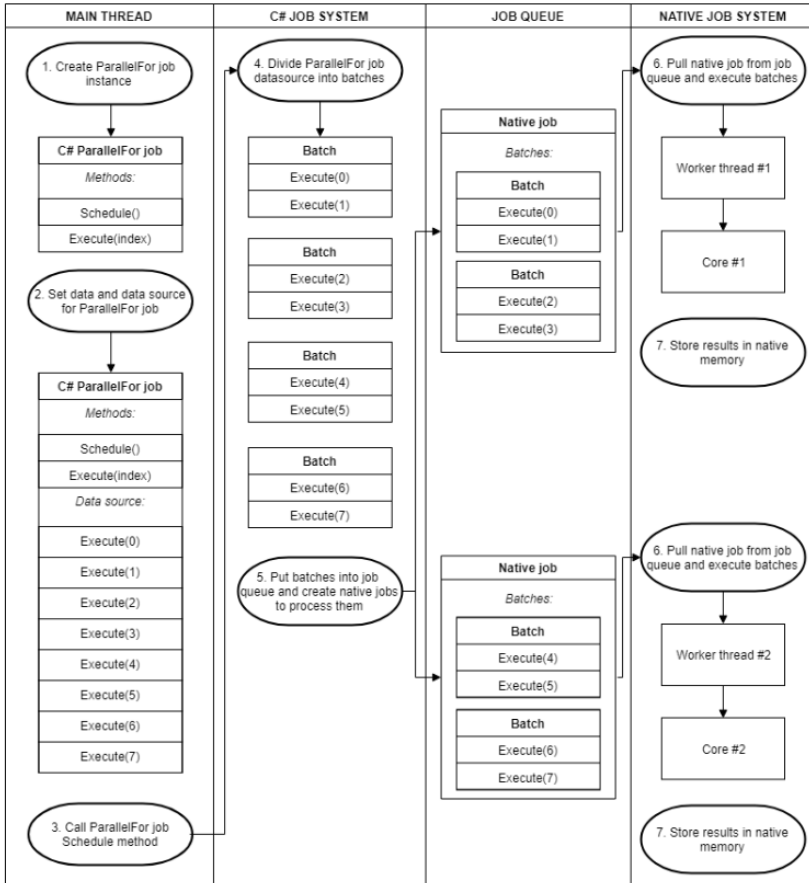


Рисунок. Жизненный цикл задания, реализующего интерфейс JobParallelFor

3. LeoECSLite Unity Jobs

Для LeoECSLite существует множество расширений, позволяющих увеличивать функциональность фреймворка. Одним из таких расширений является LeoECSLite Unity Jobs. Это расширение позволяет использовать Unity Job System в рамках LeoECSLite. Оно предоставляет возможность создать задачу, реализующую интерфейс JobParallelFor, и систему, которая работает с этой задачей и поддерживает до четырех пулов компонентов, которые будут доступны в задаче.

При создании системы необходимо переопределить некоторые методы:

- `GetWorld` – получение мира, который содержит нужные сущности и пулы их компонентов.
- `GetFilter` – получение фильтра для итерации по определенным сущностям.
- `GetChunkSize` – получение длины массива сущностей, обрабатываемых в отдельном потоке.
- `SetData` – передача дополнительных данных в задачу.

В методе `Run` системы создается экземпляр задачи, в который после преобразования к типу `NativeArray` передаются массив сущностей, массивы компонентов и массивы индексов компонентов для сущностей.

Пример системы перемещения, реализующей описанную функциональность, показан в листинге 1.

Листинг 1

Система перемещения

```
class MoveJobSystem : EcsUnityJobSystem<MoveJob,
Direction, Speed, Position> {
    protected override int GetChunkSize (IEcsSystems systems)
    {
        return 64;
    }

    protected override EcsWorld GetWorld (IEcsSystems systems)
    {
        return systems.GetWorld ();
    }

    protected override EcsFilter GetFilter (EcsWorld world) {
        return
world.Filter<Direction>().Inc<Position>().Inc<Speed>().Exc<Can
tMoveTag>().End();
    }

    protected override void SetData (IEcsSystems systems, ref
MoveJob job) {
        job.DeltaTime = Time.deltaTime;
    }
}
```

Пример задания для данной системы показан в листинге 2.

Задание для системы перемещения

```

struct MoveJob : IEcsUnityJob<Direction, Speed, Position>
{
    public float DeltaTime;
    NativeArray<int> entities;
    [NativeDisableParallelForRestriction]
NativeArray<Direction> poolDir;
    [NativeDisableParallelForRestriction] NativeArray<int>
indicesDir;
    [NativeDisableParallelForRestriction] NativeArray<Speed>
poolSpeed;
    [NativeDisableParallelForRestriction] NativeArray<int>
indicesSpeed;
    [NativeDisableParallelForRestriction]
NativeArray<Position> poolPos;
    [NativeDisableParallelForRestriction] NativeArray<int>
indicesPos;

    public void Init(NativeArray<int> entities,
        NativeArray<Direction> pool1,
        NativeArray<int> indices1,
        NativeArray<Speed> pool2,
        NativeArray<int> indices2,
        NativeArray<Position> pool3,
        NativeArray<int> indices3)
    {...}

    public void Execute(int index)
    {
        var entity = entities[index];

        var poolDirId = indicesDir[entity];
        var direction = poolDir[poolDirId];

        var poolSpeedId = indicesSpeed[entity];
        var speed = poolSpeed[poolSpeedId];

        var poolPosId = indicesPos[entity];
        var pos = poolPos[poolPosId];

        pos.Value += (direction.Value * (DeltaTime *
speed.Value));
        // Save it back.
        poolPos[poolPosId] = pos;
    }
}

```

В методе Execute по текущему индексу получаем сущность из массива сущностей. С помощью этой сущности получаем индексы данных, а с помощью этих индексов получаем сами данные, связанные с

этой сущностью. Используя полученные данные о скорости и направлении сущности, вычисляем ее текущую позицию и сохраняем результат.

Заключение

Рассмотрена реализация многопоточности с помощью Unity Job System в рамках фреймворка LeoECSLite. Реализация представляет собой расширение для LeoECSLite, удобно подключаемое в существующий проект. Расширение позволяет создавать системы, использующие Unity Job System для параллельных вычислений.

Unity Job System накладывает ограничение на используемые внутри задач типы данных – нельзя использовать ссылочный тип, однако, благодаря этому, возможно использование в задаче Burst Compiler, который увеличит скорость вычислений.

Само расширение также имеет несколько ограничений:

- Поддержка до четырех пулов компонентов, доступных в задаче.
- Планирование и выполнение задачи должно происходить в рамках одной системы.

Несмотря на ограничения, рассмотренное расширение является удобным инструментом для реализации многопоточности в рамках фреймворка LeoECSLite.

Список литературы

1. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software / E. Gamma [et al.]. – Boston: Addison-Wesley, 1995. – 15 p.
2. Nystrom, R. Game Programming Patterns / R. Nystrom. – New York: Genever Benning, 2014. – 8 p.
3. Архитектурный паттерн [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://en.wikipedia.org/wiki/Architectural_pattern
4. Всё что нужно знать про ECS [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://habr.com/ru/post/665276/>
5. Job System. Обзор с другой стороны [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://habr.com/ru/articles/420829/>
6. C# Job System [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://programmerall.com/article/269313192/>

Исследование алгоритмов классификации для распознавания эмоций человека по изображениям

И. С. Владимиров, email: iv.nex7@gmail.com

В. С. Тарасов

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. Рассмотрены алгоритмы классификации SVM, CNN и RNN, их принцип работы, особенности, достоинства и недостатки. Проведен сравнительный анализ алгоритмов. Описана эффективная конфигурация системы распознавания эмоций на основе полученных данных.

Ключевые слова: Метод опорных векторов, SVM, сверточные нейронные сети, CNN, рекуррентные нейронные сети, RNN, распознавание эмоций.

Введение

В настоящее время существует множество алгоритмов способных автоматически распознавать эмоции человека по фото его лица. Однако среди них нет алгоритма, который будет подходить под любую задачу. Каждый алгоритм обладает своими особенностями, эффективностью и ресурсозатрагами, поэтому важно подбирать наиболее подходящий алгоритм под конкретную задачу, для получения максимальной эффективности и точности распознавания.

Кратко описать системы распознавания эмоций, которые используются на сегодняшний день можно по трем основным этапам:

– Первый этап – предварительная обработка данных, на данном этапе выполняется обнаружение локации лица, обрезка и изменение масштаба найденной области, изменение контрастности изображения.

– Второй этап – извлечения признаков, основан на геометрических и текстурных признаках. Под геометрическими признаками подразумеваются компоненты лица (нос, рот, глаза), их форма и расположение на лице. А под текстурными признаками – текстура кожи.

– Третий этап – классификации признаков и выдача результата.

В данной работе будут рассмотрены основные методы классификации извлеченных признаков, которые используются в задачах по распознаванию эмоций, такие как метод опорных векторов (SVM) и методы на основе глубоких нейронных сетей: сверточные

нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), их особенности, преимущества и недостатки.

1. Постановка задачи

Данное исследование является частью глобального исследования в рамках магистерской диссертации по теме «Разработка мобильного приложения с интеграцией нейросети по распознаванию эмоций человека».

Целью данной работы является изучение и исследование основных алгоритмов классификации, которые можно применять в рассматриваемой теме. Будет проведен сравнительный анализ алгоритмов и на основе полученных данных будет сформулирована гипотеза по алгоритму, который в дальнейшем будет использован в рамках магистерской диссертации.

2. Метод опорных векторов (SVM)

Метод опорных векторов (SVM) представляет собой один из наиболее востребованных алгоритмов машинного обучения, который решает задачи классификации и регрессии. Его принцип (рис. 1) основан на идее поиска оптимальной гиперплоскости, которая разделяет классы в многомерном пространстве посредством максимизации зазора между объектами разных классов.

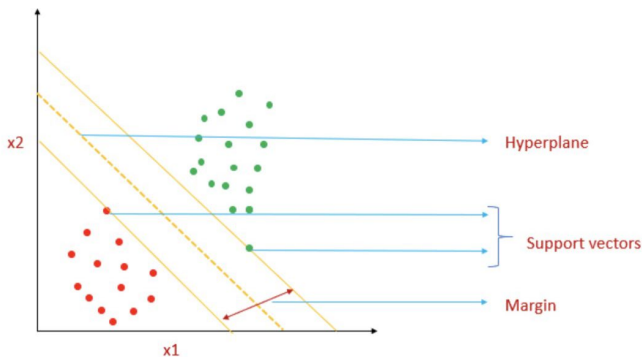


Рис. 1. Метод опорных векторов

SVM успешно справляется с обработкой данных, которые могут быть как линейно-разделимыми, так и нелинейно-разделимыми, благодаря функции ядра. Данная функция отображает признаки в пространство более высокой размерности, где данные становятся линейно разделимыми.

Крайне важным аспектом в методе опорных векторов (SVM) является правильный выбор признаков и ядра, для достижения оптимальной классификации. Признаки представляют характеристики объектов, используемые для разделения классов, а функция ядра осуществляет их преобразование в пространство более высокой размерности [1].

Существует несколько методов отбора признаков, таких как регуляризация, метод главных компонент, анализ частотности и другие. Можно выбрать наиболее подходящий метод в зависимости от задачи и исходных данных.

Для классификации с высокой эффективностью также важное значение имеет выбор ядра. Ядро определяет способ преобразования признаков в более высокую размерность и позволяет разделить классы.

Основные из популярных ядер в SVM:

– Линейное ядро: простое и эффективное для линейно разделимых данных.

– Полиномиальное ядро: проецирует данные в пространство высокой размерности с помощью полиномиальной функции.

– Радиальное базисное функциональное ядро (RBF): проецирует данные в пространство высокой размерности с помощью радиальной базисной функции.

Выбор оптимального ядра зависит от природы данных и целей классификации. Каждое ядро имеет ряд преимуществ и ограничений, и не существует универсально лучшего [2].

Помимо выбора ядра, важно настроить параметры ядра. Неправильная настройка параметров ядра может привести к плохим результатам классификации.

Базовый алгоритм метода опорных векторов состоит из следующих шагов:

1. Данные разделяют на обучающую и тестовую выборки.
2. Происходит нормализация данных – данная операция требуется для того, чтобы все признаки имели один и тот же масштаб.
3. На основе обучающей выборки строится модель, которая находит оптимальную гиперплоскость. Процесс происходит путем решения оптимизационной задачи, в которой минимизируется функция потерь и максимизируется отступ между классами.
4. После получения модели происходит ее оценка на тестовой выборке и позволяет оценить точность и качество полученных предсказаний [3].

Преимущества метода SVM:

– Эффективность в высокоразмерных пространствах: SVM хорошо работает в пространствах с большим количеством признаков, стремясь найти оптимальную гиперплоскость для разделения классов.

– Хорошая обобщающая способность: SVM стремится найти гиперплоскость, которая наилучшим образом разделяет классы и минимизирует ошибки классификации, позволяя модели иметь хорошую способность обобщения на новые данные.

– Работа с нелинейными данными: При помощи функций на основе ядра, SVM может эффективно работать с нелинейными данными, преобразуя их в пространства более высокой размерности.

– Опорные векторы: SVM использует небольшое количество опорных векторов для построения границы принятия решений. В результате модель становится эффективнее в памяти и вычислениях.

– Устойчивость к выбросам: SVM пытается найти гиперплоскость, которая наилучшим образом разделяет классы, игнорируя выбросы или шум в данных. [2]

Недостатки метода SVM:

– Выбор ядра: Выбор подходящего ядра для SVM может быть сложной задачей, и потребует определенных знаний. Различные ядра могут давать разные результаты, и выбор ядра может зависеть от конкретной задачи.

– Вычислительная сложность: Обучение SVM может быть вычислительно сложным, особенно для больших наборов данных. Может потребоваться значительное время и ресурсы для обучения модели.

– Чувствительность к настройке параметров: SVM имеет несколько параметров, таких как параметр регуляризации и параметр ядра, которые должны быть настроены правильно для достижения хороших результатов. Неправильная настройка параметров может привести к плохой производительности модели.

– Неэффективность при большом количестве классов: SVM может столкнуться с проблемами эффективности при работе с множеством классов, так как он требует построения гиперплоскостей для каждой пары классов.

– Чувствительность к выбору обучающей выборки: SVM может быть чувствителен к выбору обучающей выборки, особенно когда классы не являются линейно разделимыми. Неправильный выбор обучающей выборки может привести к плохой производительности модели. [2]

3. Сверточные нейронные сети (CNN)

Сверточная нейронная сеть (CNN) – специальная архитектура искусственных нейронных сетей, которая наиболее точно распознает объекты на изображениях, так как учитывается двухмерная топология изображения. Сверточные сети устойчивы к небольшим смещениям, изменениям масштаба и поворотам объектов на входных изображениях. CNN выявляет характеристики текстур на ограниченных областях изображений и обучается на статичных визуальных данных [4].

Процесс включает математическую операцию, используемую для обнаружения закономерностей в данных. При классификации изображений операция свертки обнаруживает закономерности в изображении, указывающие на определенный объект или класс. К примеру, сверточный слой может использоваться для обнаружения закономерностей в изображении, которые являются индикаторами человеческого лица. Операция свертки выполняется на входном изображении для создания выходной карты объектов, содержащей информацию о расположении лиц на изображении. Затем полученная карта объектов будет введена в слой классификации, который выведет метку для каждого лица на изображении (счастливое, грустное, сердитое и т.д.) [5].

Системы состоят из ряда уровней, которые изображены на рис. 2. Каждый из уровней выполняет определенную функцию:

- Входной слой, который принимает необработанные данные изображения.

- Сверточный слой, который применяет к изображению ряд фильтров. Фильтры извлекают из изображения объекты, такие как края, углы и текстуры [4].

- Объединяющий слой, который производит выборку изображения чтобы уменьшить объем данных, которые необходимо обработать. Кроме того, можно использовать слой отсева, который случайным образом устанавливает определенный процент нейронов в этом слое равным нулю во время каждой итерации обучения. Процент выпадающих нейронов обычно составляет от 20% до 50%. Цель – предотвратить чрезмерную зависимость нейронной сети от какой-либо одной функции или нейрона во время обучения, что может привести к переобучению и плохому обобщению новых данных [5].

- Выходной слой, который производит окончательную классификацию.

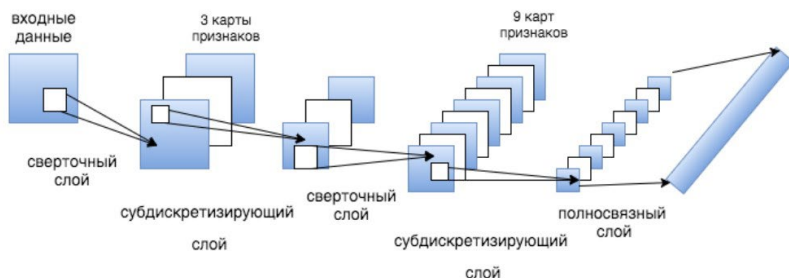


Рис. 2. Сверточная нейронная сеть

Преимущества:

- Высокая точность распознавания лиц: CNN обычно обеспечивают выдающуюся точность в задачах распознавания лиц.
- Способность обучаться на больших объемах данных: CNN могут изучать широкий спектр лиц и условий, улучшая способность распознавания модели.
- Способность обобщения: CNN могут обобщать извлеченные признаки и применять их к новым данным [6].

Недостатки:

- Требуется большого объема данных для обучения: CNN достигают высокой производительности, когда им доступны огромные наборы данных, которые может быть сложно собрать.
- Вычислительно затратны: Обучение и применение CNN может потребовать значительных вычислительных ресурсов, включая графические процессоры (GPU).
- Не всегда интерпретируемы: Из-за сложной структуры, CNN могут быть менее интерпретируемыми, чем другие методы [6].

4. Рекуррентные нейронные сети (RNN)

Рекуррентные нейронные сети (RNN) являются классом нейронных сетей, которые обладают способностью учитывать последовательность данных, что делает их особенно полезными в контексте анализа временных изменений на изображениях лиц. Они работают путем передачи информации от одного шага времени к следующему внутри сети, что позволяет им учитывать зависимости между данными на разных временных шагах. Схематично структура рекуррентных нейронных сетей изображена на рис. 3.

Recurrent Neural Network (RNN)

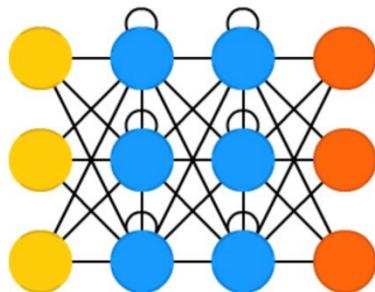


Рис. 3. Рекуррентная нейронная сеть

В случае анализа лиц, RNN могут анализировать изменения выражений лица, учитывая, как эти изменения происходят с течением времени.

В отличие от методов на основе характеристик лиц, которые обычно фокусируются на анализе статических характеристик (геометрических и текстурных признаках), RNN учитывают динамику и временные изменения. RNN могут анализировать как изменения в позах и выражениях лица со временем, так и выявлять эмоциональные состояния на основе эволюции выражения лица [7-8].

Преимущества:

- Учет временных изменений: RNN позволяют учесть, как выражение на лице меняется со временем, что может быть критически важно для анализа эмоций, так как эмоции часто проявляются и исчезают на лице в течение короткого времени.

- Адаптация к различным временным интервалам: RNN могут работать с разными временными интервалами между кадрами, делая их более гибкими для анализа видеоданных [7-8].

Недостатки:

- Сложность обучения: Обучение RNN может быть сложным и требовательным к ресурсам, особенно при работе с большими объемами данных.

- Проблема исчезающего градиента: В определенных случаях, RNN сталкиваются с проблемой исчезающего градиента, снижая способность модели захватывать зависимости на длинных временных интервалах.

– Вычислительная сложность: Работа с RNN может потребовать значительных вычислительных ресурсов, ограничивая их применимость в ресурсоемких задачах [7-8].

5. Сравнительная характеристика алгоритмов

Применение RNN в качестве классификатора эмоций на статичных изображениях имеет место быть, однако за счет своего устройства они куда более эффективны в задачах классификации эмоций в динамике, в частности в видео и аудио файлах. В статье [9] была проведена работа по исследованию эффективности рекуррентных нейронных сетей в задаче распознавания эмоций человека по речи. Результат точности для трех эмоций составил 86%, а точность для восьми эмоций составила 71%.

Исследования методов SVM и CNN описано в статьях разных авторов и демонстрируют эффективность данных алгоритмов.

В данной работе [10] авторы применяли классификатор SVM в сочетании с методами PCA, HOG, SIFT и ASM и получили результат точности в районе 68-69%.

В работе [11] авторы использовали в качестве классификатора как SVM, так и CNN. По отдельности классификаторы показывали точность в районе 77-78%, но при сочетании CNN и SVM вместе, метода Виолы-Джонса в качестве предобработки изображений и метода k-средних для извлечения признаков, удалось добиться точности распознавания в районе 80%.

В работе [12] авторы использовали разные параметры для настройки CNN, а в качестве метода предобработки использовали метод Виолы-Джонса и добились высокого результата в районе 89% точности.

Все приведенные выше исследования проводились на основе широко используемого датасета FER2013, что позволяет исключить зависимость точности алгоритмов от набора данных и сравнить их эффективность напрямую

На основе рассмотренных исследований можно сделать вывод о том, что RNN сети оптимальнее использовать в задачах классификации эмоций в динамике, а CNN больше подходит для классификации на статичных изображениях. Также, CNN является более эффективным методом по сравнению с SVM и справляется с задачей классификации точнее.

В таблице представлено сравнение точности алгоритмов на основе рассмотренных выше работ разных авторов.

Сравнение точности алгоритмов

Авторы	Метод предобра ботки	Метод извлечения признаков	Классификатор	Точность модели, %
Karadeniz A.S., Karadeniz M.F., Weber G.W., Husein I	Не указан	PCA + HOG + SIFT + ASM	SVM	68,12
		CNN	SVM	68,34
Cao T., Li M	Виолы Джонса	CNN	KNN	72,86
		Не указан	CNN	77,43
		CNN	SVM	78,86
		к-средних	CNN + SVM	80,29
Talegaonka r I., Joshi K., Valunj S., Kohok R. Kulkarni A	Виолы Джонса	Не указан	CNN	89,78

6. Выбор конфигурации эффективной системы классификации

Существует множество алгоритмов классификации, которые с высокой эффективностью можно применять для классификации эмоций, а также множество алгоритмов для предобработки данных и извлечения признаков. Однако, для каждой конкретной задачи следует индивидуально подбирать и настраивать конфигурацию системы распознавания, чтобы получить оптимальный и эффективный алгоритм.

Рассмотрим одну из таких оптимальных и базовых конфигураций системы распознавания эмоций на статических изображениях.

Общий алгоритм выглядит следующим образом:

1. Фото преобразуется в черно-белое изображение
2. Ведется поиск лица с помощью методов Виолы-Джонса и примитивов Хаара
3. Изображение изменяется до размеров изображений из обучающей выборки
4. Проводится нормализация данных
5. Извлечение признаков и классификация производится с помощью сверточной нейронной сети

Преобразование изображения в черно-белое позволит уменьшить размер данных и сохранить их характеристики. Благодаря чему мы уменьшим количество признаков, снизим вычислительную нагрузку и ускорим процесс обработки.

В качестве предварительной обработки изображений следует использовать метод Виолы-Джонса, он является эффективным алгоритмом детектора объектов и имеет широкое применение в обработке изображений для быстрого и точного выделения объектов. Метод хорошо подходит для поставленной задачи, так как обеспечивает быстрое выделение лиц на статических изображениях, а также показал хорошие результаты в различных исследованиях.

Использование CNN в рамках данной задачи оправданно более высокой эффективностью и точностью в сравнении с классическими алгоритмами и автоматическим извлечением признаков с изображений, такие как грани, формы и текстуры, улучшая способность модели распознать и классифицировать эмоции.

Данная конфигурация может послужить отправной точкой при разработке системы распознавания эмоций на статических изображениях и может быть модернизирована по необходимости. К примеру, в качестве функции активации можно использовать многослойную функцию `softmax`, которая эффективно решает проблему градиентного взрыва в процессе обучения сети, а также можно использовать совместно CNN и LSTM (RNN с длинной кратковременной памятью) для извлечения признаков. Такой синтез позволит эффективнее анализировать динамические особенности выражения лица.

Также рассмотренная конфигурация ляжет в основу разрабатываемой нейросети в рамках магистерской диссертации.

Заключение

Подводя итог, в рамках данной работы были рассмотрены основные алгоритмы, которые широко применяются в рамках задачи классификации эмоций – SVM, CNN и RNN, их преимущества и недостатки. Был проведен сравнительный анализ данных алгоритмов на основе уже имеющихся исследований, и на его основе была предложена базовая конфигурация системы распознавания, обладающая хорошей эффективностью и возможностями для модернизации.

Данная работа носит теоретический характер и составляет часть исследования в рамках магистерской диссертации.

Список литературы

1. Метод опорных векторов [Электронный ресурс] : braincatalog. – Режим доступа: https://braincatalog.ru/glubokoe-obuchenie/metod_opornyh_vektorov/
2. Искусственный интеллект: Введение в метод опорных векторов (SVM) и его применение в реальных задачах [Электронный ресурс] : Научные статьи.Ру. – Режим доступа: <https://nauchniestati.ru/spravka/metod-opornyh-vektorov-svm/>
3. Краткий обзор алгоритма машинного обучения Метод Опорных Векторов (SVM) [Электронный ресурс] : Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/428503/>
4. Что такое свёрточная нейронная сеть [Электронный ресурс] : Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/309508/>
5. Facial emotion recognition using an ensemble of multi-level convolutional neural networks / H. Nguyen [et al.] // International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. – 2019. – Vol. 33. – Iss. 11. – P. 17.
6. Достоинства и недостатки свёрточных нейронных сетей [Электронный ресурс] : studwood. – Режим доступа: https://studwood.net/1607211/informatika/dostoinstva_nedostatki_svyortoch_nyh_neyronnyh_setey
7. Рекуррентная нейронная сеть (RNN): виды, обучение, примеры [Электронный ресурс] : neurohive. – Режим доступа: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/rekurrentnye-neyronnye-seti/>
8. Рекуррентные нейронные сети [Электронный ресурс] : ifmo. – Режим доступа: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Рекуррентные_нейронные_сети
9. Нейросетевой подход к определению эмоций человека по речи [Электронный ресурс] : CyberLeninka. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevoy-podhod-k-opredeleniyu-emotsiy-cheloveka-po-rechi>
10. Improving CNN features for facial expression recognition / A. S. Karadeniz [et al.] // Zero: Jurnal Sains, Matematika dan Terapan. – 2019. – Vol. 3. – Iss. 1. – P. 1-11.
11. Cao, T. Facial Expression Recognition Algorithm Based on the Combination of CNN and K-Means / T. Cao, M. Li // Proc. 11th International Conference on Machine Learning and Computing (ICMLC 2019). – Zhuhai, 2019. – P. 400-404.
12. Real time facial expression recognition using deep learning / I. Talegaonkar [et al.] // Proc. of International Conference on Communication and Information Processing (ICCP). – 2019. – P. 3750-3758.

Метод Виолы-Джонса и сверточные нейронные сети в контексте распознавания лиц.

Д. И. Дорохов, email: ddorohov.dd@gmail.com
В. С. Тарасов, email: tarasov.vyacheslav90@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются способы распознавания лиц на изображении, такие как метод Виолы-Джонса и сверточные нейронные сети, а также производится их сравнение и выбор наиболее оптимального способа для использования в мобильных приложениях.*

***Ключевые слова:** сверточные нейронные сети, метод Виолы-Джонса, распознавание лиц.*

Введение

В наше время существует множество способов распознавания лиц на изображении, но ни один из них не является универсальным и не может быть применен для решения любых задач. Каждый алгоритм имеет свои особенности и характеристики, такие как точность, скорость работы и требуемые ресурсы, поэтому важно выбрать наиболее подходящий алгоритм для конкретной задачи, чтобы добиться максимальной эффективности.

В данной работе будут рассмотрены основные методы распознавания лиц, такие как метод Виолы-Джонса и сверточные нейронные сети.

Также будет произведено сравнение данных алгоритмов и на основе полученных данных выбран наиболее оптимальный способ для использования в мобильных приложениях.

1. Постановка Задачи

Это исследование является составной частью более обширного исследования, реализуемого в рамках магистерской диссертации, посвященной теме «Создание мобильного приложения для подсчета численности людей на мероприятиях».

Цель работы - изучить и проанализировать основные алгоритмы классификации, применимые к данной теме. В рамках исследования будет проведен сравнительный анализ этих алгоритмов и на основании

полученных данных будет выработана гипотеза об алгоритме, который будет использоваться в дальнейшей магистерской диссертации.

2. Метод Виолы-Джонса

Алгоритм Viola-Jones был разработан в 2001 году и является одним из самых популярных алгоритмов обнаружения лиц. Он основан на каскаде из нескольких классификаторов, каждый из которых обучается на определенном признаке лица [1]. Алгоритм Viola-Jones работает быстро и может обрабатывать изображения в реальном времени, но его точность может быть ниже, чем у других алгоритмов. Метод в общем виде использует принцип сканирующего окна. То есть рамка, которая значительно меньше, чем отображаемое в камере изображение, движется с некоторым заданным шагом по изображению, и с помощью каскада слабых классификаторов ищет черты лица и помечает их.

Обобщенную схему распознавания в алгоритме Виолы-Джонса можно увидеть на рис. 1.

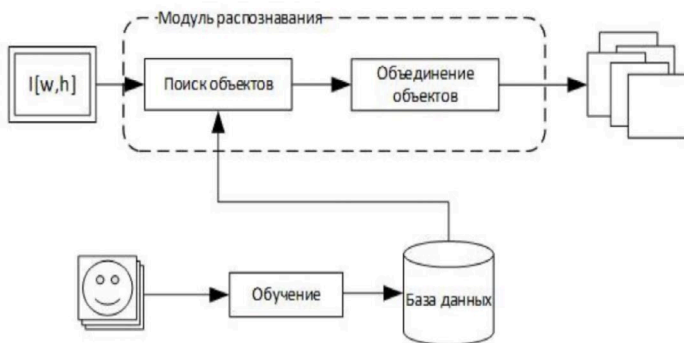


Рис. 1. Обобщенная схема алгоритма Виолы-Джонса

Метод основывается на следующих основных принципах:

- изображения используются в интегральном представлении - это позволяет быстро вычислять нужные объекты и детали;
- для поиска нужного объекта используются признаки Хаара (рис. 2). Они представляют собой прямоугольные области, которые могут быть как положительными, так и отрицательными. Положительные признаки соответствуют областям с большей яркостью, а отрицательные - с меньшей яркостью. Признаки Хаара могут быть использованы для нахождения лиц, глаз, носа и других объектов на изображении;

- для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на данной части изображения, используется бустинг (от англ. boost – улучшение, усиление);
- все признаки поступают на вход классификатора, он в свою очередь даёт результат «верно» либо «ложь»;
- используются каскады признаков для быстрого отбрасывания окон, где не найдено лицо [2].

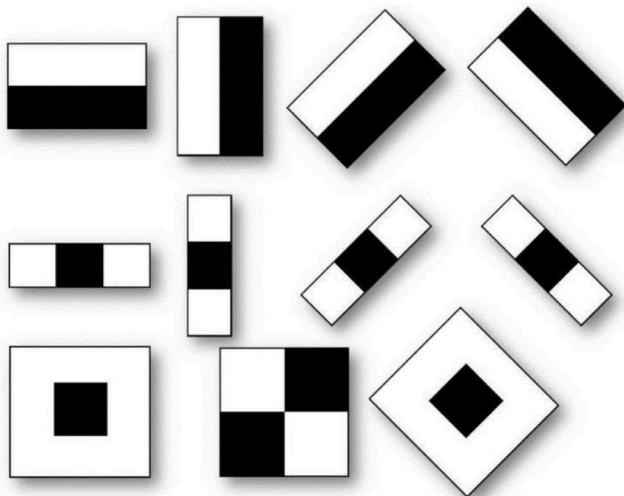


Рис. 2. Основные признаки Хаара

3. Сверточные нейронные сети (CNN)

Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) – класс алгоритмов машинного обучения. С их помощью удается достичь впечатляющих результатов в области распознавания образов, классификации изображений, а также обработки и анализа видеоданных [3].

Структуру сверточной нейронной сети можно увидеть на рис. 3.

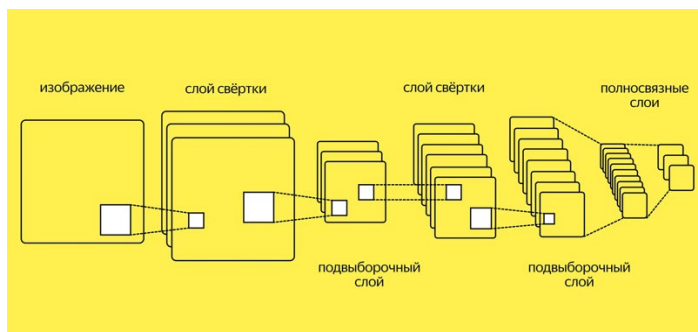


Рис. 3. Структура сверточной нейронной сети

Алгоритм работы сверточных нейронных сетей:

- входной слой: получает цветные изображения в формате RGB, где каждый пиксель представлен значениями интенсивности красного, зеленого и синего цветовых каналов;
- сверточный слой: применяет фильтры к изображению, чтобы выделить характеристики, например края, углы и формы;
- слой ReLU: добавляет нелинейность, применяя функцию активации ReLU к выходу сверточного слоя;
- слой пулинга: уменьшает размерность характеристик, выбирая максимальные значения в каждом участке карты признаков;
- повторение слоев: множество сверточных и пулинговых слоев объединяются для извлечения все более сложных характеристик из входного изображения;
- слой разглаживания: преобразует выход предыдущего слоя в одномерный вектор, представляющий все характеристики;
- полносвязный слой: принимает разглаженный выход и применяет веса для классификации изображения [4].

4. Сравнительная характеристика алгоритмов

По результатам проведённых исследований была составлена таблица, в которой отражены основные критерии оценки алгоритмов, такие как тип задачи, извлечение признаков, средняя точность [5] и среднее время работы [5].

Исходя из собранной информации, для разработки приложения предпочтительнее использовать сверточные нейронные сети, так как они имеют значительно лучшую точность при достаточно небольшом времени работы.

Сравнительная таблица алгоритмов

Критерий оценки	Метод Виолы-Джонса	Сверточные нейронные сети
Тип задачи	Распознавание лиц.	Обработка изображений, распознавание объектов, классификация и сегментация.
Извлечение признаков	Используют признаки Хаара для нахождения лиц, глаз, носа и других объектов на изображении.	Подходят для обнаружения границ, форм, текстур и других характеристик.
Средняя точность	0.7552	0.8984
Среднее время работы, сек.	0.048	0.6151

Заключение

В ходе данной работы были рассмотрены некоторые из основных алгоритмов, которые применяются в рамках задачи распознавания лиц на изображении – метод Виолы-Джонса и сверточные нейронные сети. Было проведено сравнение данных алгоритмов на основе уже имеющихся исследований, и на его основе был выбран наиболее эффективный алгоритм для использования в дальнейшей магистерской диссертации.

Данная работа носит теоретический характер и составляет часть исследования в рамках магистерской диссертации.

Список литературы

1. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц [Электронный ресурс] : Хабр. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/articles/133826/>
2. Порубай, О. В. Использование метода Виолы-Джонса для разработки системы распознавания лица человека на фото и видеоизображениях / О. В. Порубай, А. А. Горовик // Перспективные

информационные технологии (ПИТ 2018) : труды Международной научно-технической конференции (Самара, 16–19 апреля 2018 г.). – Самара, 2018. – С. 531-535.

3. Сверточные нейронные сети: основы и принцип работы [Электронный ресурс]: GeekBrains. – Режим доступа: <https://gb.ru/blog/svertochnye-nejronnye-seti/>

4. Сверточные нейросети: что это и для чего они нужны? [Электронный ресурс]: ForkLog. – Режим доступа: <https://forklog.com/cryptorium/ai/svertochnye-nejroseti-chto-eto-i-dlya-chego-oni-nuzhny/>

5. Егоров, А. Д. Сравнение параметрически оптимизированных реализаций метода Виолы–Джонса и МТСNN / А. Д. Егоров, А. Ф. Идиятуллин, А. Д. Закиров // IV Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2021). Сборник докладов (Санкт-Петербург, 21–23 сентября 2021 г.). – Санкт-Петербург, 2021 – С. 301-304.

Правило трёх сигм в поиске и анализе арбитражных ситуаций на рынке криптовалюты: реализация в MATLAB и 1С

И.А. Красов email: krasovia@student.bmstu.ru,

В.С. Попов email: popov_vlad@mail.ru,

Д.А. Видьманов email: vidmanov@bmstu.ru

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)»

Аннотация. В статье показано применение правила трёх сигм для анализа аномалий в арбитражных ситуациях на криптовалютном рынке. Приведены программные коды MATLAB и 1С8.3.

Ключевые слова: арбитраж, криптовалюта, три сигмы, MATLAB, 1С

Введение

Криптовалюта – это цифровая валюта, которая использует криптографию для обеспечения безопасности и контроля над созданием новых единиц валюты. Криптовалюты работают на основе технологии блокчейн, которая позволяет создавать децентрализованные системы, не требующие участия центральных органов управления. С начала работы платёжной системы Биткоин в 2009 году криптовалюты стали средством платежа, стоимости и обращения для всё большего количества частных лиц и организаций по всему миру, некоторые исследователи подчёркивают зрелость криптовалютного рынка и его возрастающую схожесть с рынками акций, облигаций, сырьевых товаров или традиционных фиатных валют [1]. С момента появления первой криптовалюты появилось множество других криптовалют, таких как эфириум, рипл, лайткоин и др [2].

Арбитраж – это торговая стратегия, которая заключается в использовании различий в ценах на один и тот же актив на разных рынках [3]. Эта стратегия основана на идее, что цены на один и тот же актив должны быть одинаковы на всех рынках, и любые различия в ценах могут быть использованы для получения прибыли.

При анализе арбитражных ситуаций существуют риски получения неверных данных, по которым опасно принимать финансовые решения. Сайт для отслеживания стоимости криптовалют CoinMarketCap

показывает, что в мире существует более 8 тысяч цифровых валют, поэтому часто случаются ситуации, когда тикеры различных криптовалют могут совпадать на криптовалютных биржах. Тикер – это уникальный символьный код, который идентифицирует финансовый инструмент на бирже. Программа может показывать большое отклонение стоимости разных финансовых инструментов, имеющих совпадающие тикеры. Для избегания подобных ситуаций можно применить методы анализа данных, одним из которых является правило трёх сигм.

1. Правило трёх сигм

Правило трёх сигм – правило, утверждающее, что вероятность отклонения случайной величины от своего математического ожидания более чем на три среднеквадратических отклонения не превышает 0,28%. При нормальном распределении практически все значения величины с вероятностью 0,9972 лежат не далее трёх сигм в любую сторону от среднего значения. Нормальное распределение имеет колоколообразную форму и симметрично относительно среднего значения, иллюстрация нормального распределения представлена на рис. 1.

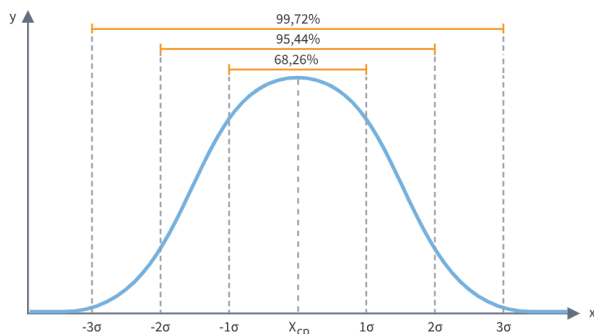


Рис. 1. Нормальное распределение и среднеквадратическое отклонение

Правило (критерий) трёх сигм позволяет отбросить результат x_i , если $|x_{cp} - x_i| > 3\sigma$, где x_{cp} и σ находятся без учёта сомнительного результата [4, с. 33].

В ходе разработки программного обеспечения для анализа арбитражных ситуаций были получены данные о процентной разнице в ценах на разных криптовалютных биржах (Binance, Bitmart, Стурто.com и Kuscoin). С помощью API бирж были получены цены 1623

криптовалют, которые торгуются на этих биржах. Из этих 1623 криптовалют торгуются одновременно на двух и более биржах – 431 криптовалюта. Исходные данные представляют собой наивысшую цену, по которой покупатель готов купить актив на одной бирже (далее Bid), и наименьшую цену, по которой продавец готов продать актив на другой бирже на данный момент (далее Ask). Если Bid на одной бирже больше, чем Ask на другой, то для данного актива существует арбитражная возможность. Для каждой такой пары цен, образующих арбитражную возможность, был рассчитан процент разницы между наивысшей ценой покупки и наименьшей ценой продажи. Из полученных цен 431 криптовалют, которые торгуются на двух и более биржах, было найдено 118 арбитражных ситуаций, включая ошибочные совпадения, когда под одинаковыми тикерами существуют различные криптовалюты.

2. Применение правила трех сигм

Применяя правило трёх сигм в среде MATLAB (листинг 1), можно обнаружить и отбросить эти промахи при помощи простого программного кода.

Листинг 1

```
source_data = [0.004847732364666513 0.004895960832300261
4.816678648454342 0.17528922722492268 0.03527336860670971
0.42806244072488653 0.026223776223787354 1.7466457149764238
34520.62837972396 0.09963976393039786 0.01942124684404689
0.5376344086021447 0.009003511369428452 1677.1916603868376
0.663473790588327 0.04357931435210105 0.23837902264600075
0.0743356253484393 0.011212019284670305 3.270199664116433
0.07358351729212131 113.48600508905852 0.0744299343663215
0.23094688221709703 0.0479676849280537 0.37174721189589377
0.051387461459412975 0.023721415694069492 0.05063291139239823
0.17737984627079584 0.713288881997201 0.2803738317757052
0.02117597233007018 0.1540832049306715]
cleaned_data = [0.004847732364666513 0.004895960832300261
4.816678648454342 0.17528922722492268 0.03527336860670971
0.42806244072488653 0.026223776223787354 1.7466457149764238
0.09963976393039786 0.01942124684404689 0.5376344086021447
0.009003511369428452 0.663473790588327 0.04357931435210105
0.23837902264600075 0.0743356253484393 0.011212019284670305
3.270199664116433 0.07358351729212131 0.0744299343663215
0.23094688221709703 0.0479676849280537 0.37174721189589377
0.051387461459412975 0.023721415694069492 0.05063291139239823
0.17737984627079584 0.713288881997201 0.2803738317757052
0.02117597233007018 0.1540832049306715]
sigma = std(cleaned_data)
index_away_from_mean = source_data > mean(cleaned_data) + 3 *
sigma
source_data(index_away_from_mean)
```

Результатом последней строки являются 4 отброшенных значения: 4.816678648454342, 34520.62837972396, 1677.1916603868376, 113.48600508905852. Массивом исходных данных является массив `source_data`, массив `cleaned_data` содержит значения, очищенные от потенциальных промахов, массив `index_away_from_mean` содержит логические значения 1 для элементов массива `source_data`, лежащих за пределами 3σ .

При изучении корпоративных информационных систем на кафедре «Информационные системы и телекоммуникации» МГТУ им. Н.Э. Баумана уделяется внимание программному обеспечению компании 1С. Программная реализация правила трёх сигм может быть использована как пример задания лабораторной работы по программированию на языке 1С8.3, учитывая широкое использование 1С в финансах и бухгалтерском учёте [5].

В листинге 2 представлен пример реализации правила трёх сигм в программном коде 1С8.3.

Листинг 2

```

src_data = StrSplit(source, " ");
cln_data = StrSplit(cleaned, " ");
cln_sum = 0;
N = cln_data.Count();
For Each num In cln_data Do cln_sum = cln_sum + num;
EndDo;
mean = cln_sum/N; //Mean of Cleaned data
sum_sq = 0;
For Each num In cln_data Do
    sub = num - mean;
    abs = ?(sub > 0, sub, -sub);
    sum_sq = sum_sq + pow(abs, 2);
EndDo;
sigma = sqrt(sum_sq / (N-1)); // The standard deviation
disc_data = New Array;
For Each num In src_data Do
    If Number(num) > mean + 3 * sigma Then //Three-
sigma rule
        disc_data.Add(num);
    EndIf;
EndDo;
discarded = StrConcat(disc_data, " ");
EndProcedure

```

Приведенный выше алгоритм был протестирован во внешней обработке [5], результат запуска которой представлен на рис. 2.

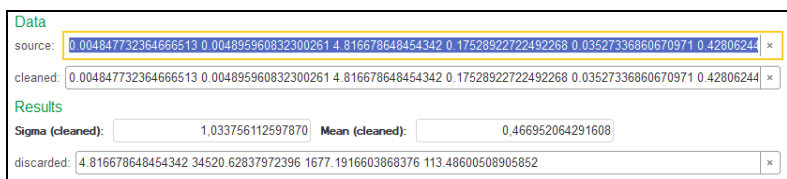


Рис. 2. Интерфейс обработки 1С8.3 для правила трёх сигм

Однако для корректного применения правила трёх сигм в анализе арбитражных ситуаций на рынке криптовалюты необходимо исследовать распределение полученных данных на нормальность, после чего обосновать целесообразность применения метода.

Список литературы

1. Multiscale characteristics of the emerging global cryptocurrency market / M. A. Wątorok [et al.] // *Physics Reports*. – Vol. 901. – 2021. – P. 1-82. – DOI: 10.1016/j.physrep.2020.10.005.
2. Cryptocurrency – a new phenomenon in monetary circulation / F. A. Jam [et al.] // *Farabi Journal of Social Sciences*. – Vol. 4. – Iss. 1. – 2019. – P. 39-46.
3. Dybvig, P. H. Arbitrage / P. H. Dybvig, S. A. Ross // *Finance*. – London: Palgrave Macmillan UK, 1989. – P. 57-71.
4. Пазушкина, О. В. Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества: учебное пособие / О. В. Пазушкина. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 148 с.
5. Видьманов, Д. А. Универсальные алгоритмы 1С на основе проверок метаданных конфигурации с использованием идентификаторов в макете «Табличный документ» / Д. А. Видьманов // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции, Москва, 31 января – 01 2023 года. Том 1. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "1С-Паблишинг", 2023. – С. 223-225.

Проектирование метода реализации поведенческой модели компьютера-оппонента при помощи состязательных сетей

А. Н. Кропачев, email: f.kropachevan@gmail.com
В. С. Тарасов, email: Tarasov.vyacheslav90@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются способ обучения глубоких нейронных сетей при помощи метода состязательных сетей, а также обуславливается выбор именно этого метода. Актуальность работы заключается в выборе модели, метода и алгоритма обучения поведенческой модели компьютера-оппонента при помощи глубоких нейронных сетей.*

***Ключевые слова:** Глубокие нейронные сети, состязательные нейронные сети, Adversarial networks, искусственный интеллект, модели обучения нейронных сетей.*

Введение

Несмотря на то, что видеоигры стали неотъемлемой частью повседневной жизни не только молодежи, но и людей старшего возраста, на рынке однопользовательских проектов преобладают игры с типичным поведением соперника-компьютера с определенным заранее разработчиком алгоритмом.

Разработчикам приходится проектировать не настоящий “искусственный интеллект” для реализации взаимодействия игрока с игровыми объектами такими как противник, неигровые персонажи, окружение. Но способен ли игрок противостоять сопернику-компьютеру, который изучил игру методом проб и ошибок, пройдя тысячи итераций обучения? Сможет ли в таком случае игрок совершенствоваться настолько, чтобы иметь возможность победить компьютер, который учтет все успешные и ошибочные действия игрока? С развитием искусственного интеллекта мы можем проверить данную гипотезу.

На сегодняшний день мир знает несколько примеров применения нейронных сетей для обучения игровых противников в видеоиграх, например, боты “OpenAI” в компьютерной видеоигре “Dota 2” [1]. Главный интерес боты “OpenAI” представляли по той причине, что были основаны на глубоком машинном обучении.

Со временем интерес к ботам “OpenAI” в компьютерной игре “Dota 2” постепенно угасал по нескольким причинам. Одна из важнейших причин - компьютер не имеет времени реакции, то есть он мгновенно способен обработать действия игрока и принять соответствующее лучшее решение. Сетевые ограничения могут также повлиять на результат противостояния. Задержка сервера (пинг) в 80-100мс для рядовых игровых сессий - комфортный минимум. Но для искусственного интеллекта, который не имеет такой задержки - бесспорное преимущество.

Для оценки способности человека противостоять искусственному интеллекту на полях виртуальных сражений, необходимо максимально исключить факторы, дающие компьютеру бесспорное преимущество.

Было принято решение исключить данные факторы методом разработки пошаговой компьютерной стратегии с поведенческой моделью компьютера-соперника, основанной на машинном глубоком обучении.

Для реализации поставленных задач в контексте разработки поведения компьютера-оппонента необходимо определить модель и метод обучения нейронных сетей. Для достижения этих целей важно проанализировать возможные модели обучения нейронных сетей, алгоритмы и методы, и выбрать один наиболее подходящий для данной исследовательской работы.

В данной работе будут проанализированы доступные модели, алгоритмы и методы обучения нейронных сетей для реализации поведенческой модели компьютера-соперника в пошаговой компьютерной стратегии.

1. Анализ моделей обучения нейронных сетей

Существует большое множество алгоритмов обучения нейронных сетей. Эти алгоритмы можно классифицировать по типу обучения[2]:

1. Глубокие нейронные сети для обучения без учителя. Данный тип предназначен для фиксации корреляции высокого порядка наблюдаемых или видимых данных для анализа закономерностей или целей синтеза, когда информация о метках целевых классов недоступна.

2. Глубокие нейронные сети для обучения с учителем. Данный тип предназначен для непосредственного обеспечения различительной способности для целей классификации шаблонов, часто путем характеристики распределения классов.

3. Гибридные глубокие нейронные сети. Тип нейронных сетей, где целью является дискриминация, которой помогают, часто в значительной степени, результаты порождающих или неконтролируемых глубоких сетей.

Модели обучения, которые относятся к типу обучения без учителя, также называются порождающими или генеративными. А модели, которые относятся к типу обучения с учителем, также называются дискриминативными. Между этими моделями можно выделить ряд ключевых различий[3], представленных в таблице:

Таблица

Ключевые различия генеративных и дискриминативных моделей обучения

Генеративная модель	Дискриминативная модель
Основная цель – генерировать свежие данные и понимать распределение вероятностей входных данных.	Основная цель – классификация данных по различным категориям.
Требуется большой объем входных данных для изучения распределения вероятностей.	Требуются помеченные входные данные, которые будут указывать, где заканчивается один класс и начинается другой.
Сложнее в построении чем дискриминативные, потому что необходимо знать распределение вероятностных данных.	Для построения необходимо понимание, где начинается класс, и где он заканчивается.
Из-за изучения распределения вероятностей данных уязвимы к переобучению.	Менее подвержены к переобучению.

Чтобы успешно решать задачи, нейросети нуждаются в следующих аспектах[4]:

- Данные. К ним относится все, что может помочь обучению.
- Признаки. Также могут называться свойствами или характеристиками. Признаки – это то, на что должна обращать внимание нейросеть в процессе обучения.
- Алгоритмы. Представляют собой способы решения задач. Обычно для каждой задачи может быть использовано множество алгоритмов, поэтому очень важно выбрать наиболее точный и эффективный из них.

2. Выбор алгоритма обучения нейронной сети

Именно выбор алгоритма обучения нейронной сети наиболее приоритетен для данной исследовательской работы так как именно он будет определять ключевые особенности поведения компьютера-

оппонента в игре. Поэтому необходимо проанализировать особенности, которые важно учитывать в данной области.

Основной особенностью разработки искусственного интеллекта, направленного на формирование поведенческой модели компьютера-соперника, является отсутствие использования информации контроля для конкретной задачи в процессе обучения, так как невозможно указать единственную стратегию поведения в игре, которая приведет к победе. По этой причине главным методом обучения нейронной сети в проекте будет обучение без учителя.

Но для более корректного формирования метрик, которые наиболее сильно будут влиять на оценку качества нейросетевой модели, в контексте создания поведенческой модели компьютера-соперника в игре необходимо использовать вторую, отличающуюся нейросеть. Этой моделью будет являться обучением с учителем.

После того, как обе модели начнут обучение, мы сможем создать состязание между ними для улучшения точности метрик одной из моделей. Такой метод называется «Adversarial networks», то есть состязательные нейросети.

3. Метод «Adversarial networks»

Данный метод предложил Иэн Гудфеллоу в своем исследовании «Generative Adversarial Nets»[5]. Главная мысль данной исследовательской работы состоит в оценке генеративных моделей с помощью состязательного процесса, в которой одновременно обучаются две модели: генеративная (обучение с учителем) G и дискриминативная (обучение без учителя) D.

Цель дискриминативной нейронной сети D состоит в оценивании вероятности того, что выборка получена из обучающих данных, а не из генеративной сети G. А процедура обучения нейронной сети G ориентирована на максимизацию вероятности того, что сеть D допустит ошибку.

Для реализации данного метода в контексте разработки поведенческой модели компьютера-соперника необходимо создать дискриминативную нейросеть D, которая будет изначально знать некую стратегию победы в игре, а также генеративную сеть G, которая будет обучаться при помощи D.

Сеть D будет обладать некоторой уверенностью в том, что сеть G подобрала правильную стратегию поведения – число в диапазоне от нуля до единицы. Для генеративной нейросети существуют множество различных входных данных - z . В этом случае задача этой нейросети состоит в максимизации уверенности дискриминативной сети в том, что подобранная стратегия верна:

$$\max(D(G(z))) \quad (1)$$

Целью дискриминативной сети D является более сложный механизм – положительная оценка для верных стратегий и отрицательная оценка для неверных стратегий. Примем за X некоторую известную правильную стратегию победы, тогда данная цель может быть представлена в виде максимизации произведения правильной стратегии и разности единицы к уверенности подобранной стратегии:

$$\max(D(x)(1 - D(G(z)))) \quad (2)$$

Чтобы избавиться от произведения в формуле вычисления цели нейросети D применим логарифм:

$$\max(\log D(x) + \log(1 - D(G(z)))) \quad (3)$$

Теперь, мы можем получить в логарифмической форме и цель нейросети G:

$$\max(\log D(G(z))) \quad (4)$$

Заключение

В ходе данной работы были проанализированы модели, алгоритмы и методы обучения нейронных сетей. В ходе анализа были выбраны модель и метод обучения глубокой нейронной сети для реализации поведенческой модели компьютера-оппонента в компьютерной пошаговой стратегии, а также рассмотрен состязательный метод обучения нейронных сетей («Adversarial networks»).

Данная работа носит теоретический характер и может быть использована как основа для будущих практических работ и углубленного изучения данной темы.

Список литературы

1. Подробный разбор матча по Dota 2 между OpenAI и людьми в формате 5x5. Люди проиграли [Электронный ресурс] : Habr. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/companies/crossover/articles/419407/>
2. Deng, L. Deep Learning: Methods and Applications / L. Deng, Y. Dong – Redmond. : Now publishers, 2014. – 134 p.
3. Difference Between Generative and Discriminative Model [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tutorialspoint.com/difference-between-generative-and-discriminative-model>
4. Обучение нейросети: методы и алгоритмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://trainingdata.ru/metodic/tpost/vjrhfibe51-obuchenie-neiroseti-metodi-i-algoritmi>
5. Generative Adversarial Nets [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://arxiv.org/pdf/1406.2661v1.pdf>

Алгоритм планирования переноса однотипных объектов между контейнерами с временными ограничениями

Е. М. Михайлов, email: emix.vrn@yandex.ru

Е. Е. Михайлова, email: lm2002@mail.ru

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе представлен разработанный алгоритм переноса объектов между контейнерами в непрерывном по времени процессе с учетом ограничений.*

***Ключевые слова:** Алгоритм, нечеткая логика, моделирование процессов.*

Введение

Задача состоит в том, чтобы осуществить перемещение неких штучных однотипных товаров из одних контейнеров в другие. Будем рассматривать временную шкалу, где единицей времени является один день. Предположим, что в контейнер помещается достаточно большое количество единиц товара – от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч. Сложность решения такого алгоритма продиктована следующими ограничениями:

- вместимость у всех контейнеров разная;
- в зависимости от того, какой контейнер обслуживается, вводится ограничение на количество объектов, которые могут быть перенесены за один день;
- ограничение на остаток товара в исходном контейнере, так и в контейнере назначения;
- необходимость поиска точки кратного перевода, т. е. когда исходный контейнер опустел, а контейнер назначения заполнился полностью. В таком случае следующий день можно начинать с двух новых контейнеров или начать выполнять алгоритм сначала.

Задача возникла при проведении посуточного планирования [1] деятельности птицефабрики яичного направления. Согласно технологии, по достижении определенного возраста птицы ее переводят из корпуса подращивания молодняка в промышленный корпус, где данная птица уже несет яйца [2]. Если фабрика небольшая и корпусов немного, то процесс перевода осуществляется кратным образом: один или несколько корпусов молодняка за несколько дней переводят в один или несколько корпусов взрослого стада. Если фабрика достаточно

крупная (100 и более корпусов), то процесс становится непрерывным, причем остатки, возникающие при каждом переводе, переносятся на следующие корпуса как на рис. 1.

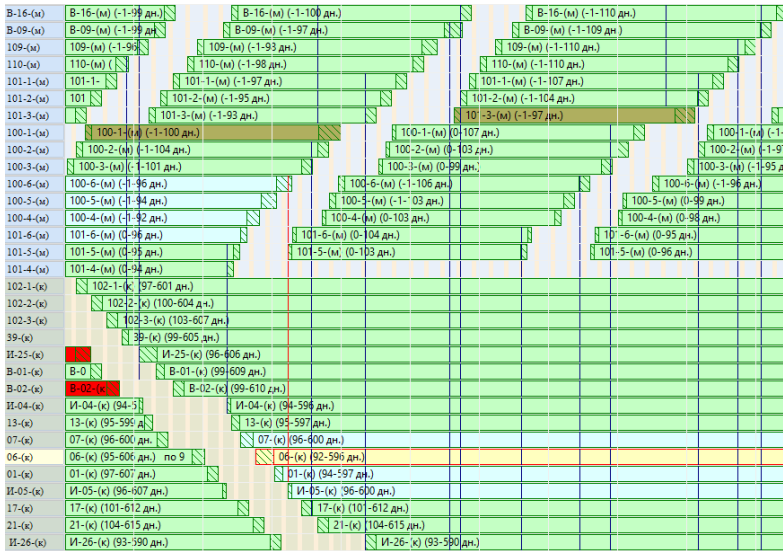


Рис. 1. Технология содержания с последовательным переводом остатков

Таким образом, получается бесконечная система связанных переводов, которые сильно затрудняют планирование производства, поскольку небольшое изменение в количестве птицы или правилах содержания приводит к пересчету всей технологии.

Разработка алгоритма

Алгебраическое решение задачи в данном случае не подойдет, поскольку оно может содержать небольшие значения для остатков объектов перемещения, в несколько сот раз меньше дневного перемещения, что по практическим причинам нецелесообразно [3-5].

Для решения придется принять некоторые допущения: емкость контейнера может быть нарушена, надо разрешить алгоритму переуплотнять (это разрешено практическим применением решения данной задачи) и не доукомплектовывать контейнер назначения. Это тоже допустимо в практическом применении данного решения. Для реализации введем параметры уплотнения и разрядки в процентах от суточной нормы перемещения. Также будем полагать, что опорные

группы контейнеров для переноса сделаны оператором. Задача алгоритма: рассчитать остатки и осуществить коррекцию расчёта в следующей группе.

На первом шаге алгоритм производит так называемое выравнивание: если объекты в исходной группе контейнеров и их количество в группе назначения незначительно расходятся, то принимаем, что их столько же, сколько и в исходной группе. На втором шаге производим перенос основной массы объектовкратно допустимому ежедневному объему переноса. На третьем шаге обрабатываем остатки рекурсивным способом: берем следующий контейнер в зависимости от того, какой уже обработан полностью (или источник опустел, или контейнер назначения полностью заполнился).

На рис. 2 представлен исходный массив данных, подготовленный оператором. На нем каждая группа перевода отмечена своим цветом, если количество контейнеров в приемнике не совпадает с количеством в исходной группе, то добавляются пустые не скомпенсированные строки.

LINK_ID	ПартияОткуда	ВысадкаДо	ВысДней	ВысКолич	ВысГолВДень	ПартияКуда	ПосКолич	ПосадС	ПосадДней	ПосГолВДен
169	Д-1-(м)	17.10.2022	9	57433	11000		0		0	0
91	101-3-(м)	24.10.2022	5	53769	11000	В-18-А-(к)	103680	24.10.2022	12	12000
91	101-2-(м)	29.10.2022	6	53658	11000		0		0	0
160	Д-2-(м)	14.11.2022	9	63688	11000		0		0	0
106	В-09-(м)	28.11.2022	5	51534	13000	В-18-Б-(к) 1	103608	28.11.2022	12	10000
106	В-16-(м)	05.12.2022	5	55820	16000		0		0	0
54	101-5-(м)	23.12.2022	5	31203	12000	19-(к)	55616	23.12.2022	6	11000
54	101-6-(м)	28.12.2022	3	30214	12000		0		0	0
71	100-6-(м)	23.01.2023	5	52558	12000	102-6-(к)	73728	23.01.2023	9	12000
71	100-3-(м)	30.01.2023	5	52554	12000	102-5-(к)	73728	31.01.2023	9	12000
71	100-2-(м)	06.02.2023	5	52543	12000	102-4-(к)	73728	09.02.2023	7	12000
71	100-1-(м)	13.02.2023	5	52536	12000		0		0	0
170	Д-1-(м)	27.02.2023	12	62280	11000	Д-09-(к)	57984	27.02.2023	12	11000
85	101-3-(м)	06.03.2023	9	52564	11000	И-22-(к)	60368	06.03.2023	6	12000
85	101-2-(м)	14.03.2023	7	7787	11000		0		0	0
161	Д-2-(м)	27.03.2023	12	62280	11000	Д-11-(к)	57984	27.03.2023	12	11000
111	В-16-(м)	17.04.2023	5	56431	16000	И-15-(к)	54912	17.04.2023	5	12000
156	М-14-(м)	24.04.2023	4	40937	12000	М-22-(к)	60480	24.04.2023	9	12000
156	М-13-(м)	27.04.2023	7	31141	12000	М-21-(к)	60480	02.05.2023	9	12000

Рис. 2. План задание для перемещения птицы между корпусами

Результат работы алгоритма представлен на рис. 3. Данная таблица объединяет дни, в которые происходит перенос объектов между одинаковыми контейнерами, в колонке Day указывается, сколько дней длиться данный перевод. Можно обратить внимание, что контейнер 101-3-(м) в первой таблице присутствует в одной строке, а во второй – в двух строках. Это вызвано тем, что объекты перемещаются в разные контейнеры назначения.

DateFr	DateTo	Dur	LotFr	Gol	ToLot
24.10.2022	28.10.2022	5	Д-1-(м)	57433	В-18-А-(г)
29.10.2022	02.11.2022	5	101-3-(м)	46247	В-18-А-(г)
28.11.2022	28.11.2022	1	101-3-(м)	7522	В-18-Б-(г)
	03.12.2022	6	101-2-(м)	53658	В-18-Б-(г)
05.12.2022	08.12.2022	4	Д-2-(м)	42428	В-18-Б-(г)
23.12.2022	24.12.2022	2	Д-2-(м)	21260	19-(к)
26.12.2022	28.12.2022	3	В-09-(м)	34356	19-(к)
23.01.2023	24.01.2023	2	В-09-(м)	17178	102-6-(к)
24.01.2023	28.01.2023	5	В-16-(м)	55820	102-6-(к)
30.01.2023	30.01.2023	1	101-5-(м)	730	102-6-(к)
	01.02.2023	3	101-5-(м)	30473	102-5-(к)
01.02.2023	01.02.2023	2	101-5-(м)	30314	102-5-(к)

Рис. 3. Результат работы алгоритма

Данный алгоритм обладает дополнительной функциональностью, он позволяет учитывать в своей работе календарь рабочих и выходных дней. При этом для различных операций могут применяться разные календарные планы и условия. Данная возможность реализована с помощью специального класса, у которого запрашивается следующий день для производимой операции. Особенностью разработанного класса является возможность не только указать определенные дни, в которые не происходит работ, но и скорректировать календарь на каждую конкретную дату. Необходимость этого возникает при наложении государственных праздников на календарную неделю, и какие-то дни объявляются выходными, а какие-то рабочими, но только в конкретном году.

Заключение

Этот алгоритм был разработан в прикладных целях для решения определенной практической задачи, но подход, который при этом использовался, может быть применен для более широкого круга производственных задач, связанных с оптимизацией процесса производства.

Данный алгоритм прошел успешную проверку на нескольких различных наборах данных. В качестве дальнейшего развития планируется учесть ручную коррекцию при проведении расчета.

Список литературы

1. Михайлов, Е.М. Программный комплекс Avis – инструмент управления птицефабрикой / Е.М. Михайлов // Птицеводство. – 2011. – № 01. – С. 21-23.

2. Промышленное птицеводство / А.П.Агеечкин [и др.]; под общ. ред. академика РАСХН В.И. Фисинина. – 5-е изд.– Сергиев Посад: ГНУ ВНИТИП Россельхозакадемии, 2010. – 599 с.

3. Флегонтов, А. В. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных / А. В. Флегонтов, В. Б. Вилков, А. К Черных. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 368с.

4. Яхьяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети : учебное пособие. – 2-е изд., испр. – Москва: Интернет-Ун-т Информ. Технологий: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 315с.

5. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат. – Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798с.

Обоснование создания приложения для планирования маршрутов в сфере туризма

Е. А. Михайлюк, email: mikhaylyuk@vsu.ru
Е. С. Воронежская, email: katyamit5@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В современном обществе, где быстрые изменения технологий, с одной стороны, и запрос на новые жизненные сценарии, с другой стороны, развитие внутреннего туризма приобретает особую актуальность. Существующие приложения имеют свои достоинства и недостатки, главный из которых – невозможность кастомизации маршрутов для потребителя. В статье обосновывается востребованность создания нового приложения, описываются его бизнес-процессы и предлагается валидный инструментарий.*

***Ключевые слова:** Картографический сервис*

Введение

Формирующиеся в последние годы в нашем обществе новые стандарты поведения и взаимодействия определяют особую актуальность развития внутреннего туризма. В настоящее время принята Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года, одним из элементов которой является система навигации и ориентирования в сфере туризма, рассматриваемая как «...совокупность необходимой для ориентирования туристов информации о туристских ресурсах и об объектах туристской индустрии и средств размещения такой информации [1]».

По данным отчета Всемирного совета по туризму и путешествиям, совокупный вклад туризма в мировой валовой внутренний продукт оценивается на уровне 7,6%, что на 22% больше, чем в 2021 году [2]. Россия, обладая разнообразием природных и культурных богатств, привлекает внимание как местных жителей, так и иностранных туристов. В связи с этим точные и удобные картографические сервисы становятся неотъемлемым элементом для развития внутреннего туризма, предоставляя возможность эффективно планировать и осуществлять путешествия по различным уголкам страны.

Важно отметить, что разнообразие туристических направлений и интересующих мест требует инновационных подходов в сфере туристической навигации. Рассмотрим процесс разработки

интеллектуального приложения, обладающего не только функциональностью предоставления высокоточных картографических данных, но и способного формировать кастомизированные маршруты, охватывающие несколько географических объектов и достопримечательностей. Такое приложение станет незаменимым инструментом для туристов, желающих организовать экскурсии с посещением различных мест в рамках одной поездки.

С учетом активного развития внутреннего туризма в России, создание подобного приложения обретает стратегическое значение. Оно не только обеспечит удобство и точность в навигации, но и стимулирует туристов в более полном изучении разнообразия регионов страны. Подобный инструмент способен сделать путешествия более организованными и привлекательными, предоставляя возможность создавать персонализированные маршруты для различных поездок – от культурных экскурсий до приключенческих путешествий.

1. Обзор аналогов

Рынок картографических сервисов очень насыщен и разнообразен, включает множество проектов, которые отличаются друг от друга сферой применения и набором решаемых задач. Для анализа выбраны несколько наиболее развитых сервисов, рассчитанных на широкое применение [3;4].

1. Google Maps представляет собой мощный и широко используемый сервис, предоставляющий детализированные карты, навигацию и интеграцию с другими приложениями. Сервис обладает высокой точностью картографии, обширной базой данных о местоположениях и широким функционалом. Возможности, такие как Street View и реальное время движения, делают Google Maps одним из наиболее удобных сервисов для повседневной навигации. Однако, иногда отмечается недостаточная детализация в некоторых регионах, а также ограниченные возможности в разработке пользовательских карт.

2. Яндекс.Карты предоставляют обширные данные о местности, включая сведения о транспортных маршрутах, пробках и интересных местах. Сервис особенно полезен для пользователей в российском сегменте, где предоставляется широкий спектр информации о городах и регионах. Яндекс.Карты также поддерживают автомобильные, пешеходные и общественные транспортные маршруты. Однако, ограниченная доступность на мировом уровне и отсутствие некоторых функций, таких как Google Street View, могут снизить его привлекательность для международных пользователей.

3. Mapbox Maps выделяется своей гибкостью и возможностью настройки для разработчиков. Он предоставляет мощные инструменты

для создания кастомных карт и интеграции в приложения. Марбох также поддерживает визуализацию данных, что делает его предпочтительным выбором для проектов, связанных с аналитикой и визуализацией пространственных данных. Недостатками могут быть отсутствие некоторых стандартных функций навигации, которые предлагают конкуренты, и сложность использования для неопытных пользователей [5].

Обобщим итоги сравнительного анализа:

- Google Maps подходит для повседневной навигации и использования в широком масштабе, однако, имеет ограничения в настраиваемости.

- Яндекс.Карты предпочтительны для пользователей в России, обладают обширными данными о местности, но могут быть менее удобными для мирового использования.

- Марбох Maps подходит для разработчиков и проектов, требующих высокой степени настройки, но могут быть менее подходящими для стандартной навигации.

2. Описание бизнес-процессов

В процессе анализа предметной области была составлена диаграмма бизнес-процессов, представленная на рисунке.

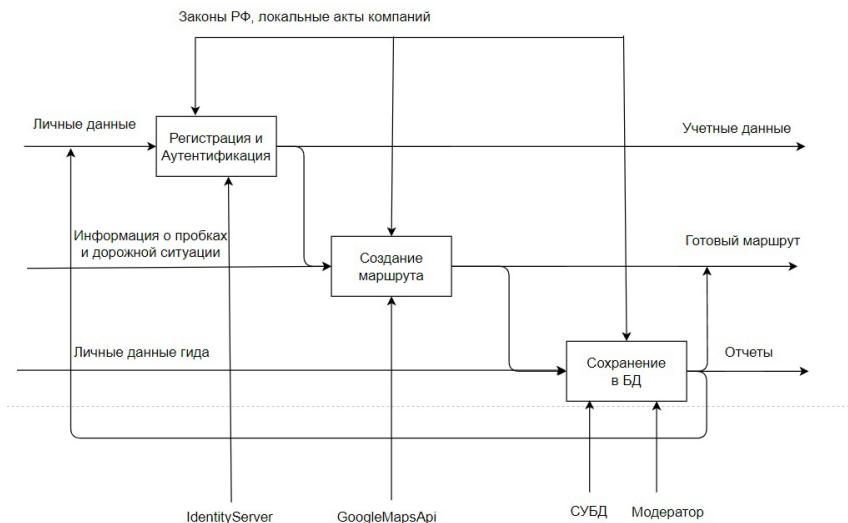


Рисунок. Диаграмма бизнес-процессов

Пояснения к рисунку:

Регистрация и аутентификация: в ходе данного бизнес-процесса осуществляется формализованный этап регистрации пользователей, предоставляющих необходимую базовую информацию. Параллельно происходит реализация эффективных механизмов безопасной аутентификации, обеспечивающих сохранность и конфиденциальность учетных данных.

Создание маршрута: пользователи взаимодействуют с приложением, осуществляя выбор нескольких точек на карте с последующим формированием маршрута. Осуществляется гибкая настройка параметров маршрута, включая возможность интеграции с интересующими пользователей объектами.

Сохранение в БД: созданный маршрут сохраняется в базу данных для возможности последующих обращений создателя, для совместного использования и формирования отчетов.

3. Инструменты

Веб-приложение будет разработано на платформе .NET. В связи с этим в процессе разработки будут использованы следующие инструменты: в качестве языка программирования выбран C# ввиду того, что он является основным языком программирования в экосистеме .NET и обладает высокой производительностью. В качестве системы управления базами данных выбрана PostgreSQL. Для управления версиями был использован Git. Также использованы следующие библиотеки и фреймворки:

1. ASP.NET Core является открытым и кроссплатформенным фреймворком для создания современных веб-приложений. Его высокая производительность, возможность развертывания на различных платформах и поддержка современных стандартов [6].

2. Entity Framework Core предоставляет удобный и безопасный способ взаимодействия с базой данных.

3. Для обеспечения безопасности и авторизации использован IdentityServer. Он обеспечивает управление пользователями, ролями и безопасным доступом к функциональности.

4. Swagger использован для автоматизации процесса создания и обслуживания API, а также для упрощения процесса его тестирования.

5. Для интерактивных карт использован Leaflet – это легковесная JavaScript-библиотека

6. React.js представляет собой JavaScript фреймворк для построения интерфейсов.

Заключение

На основе проведенного анализа существующих продуктов на рынке картографических сервисов можно сделать вывод, что разработка нового приложения является востребованной в условиях отраслевого роста и соответствует принятой Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года. Оно позволит выстраивать кастомизированные маршруты для туристов и сделает путешествия более доступными для самостоятельного планирования.

Список литературы

1. Статистический бюллетень Росстата к всемирному дню туризма – 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/turism_2022.pdf
2. Федеральный закон от 24.11.1996 N 132-ФЗ (ред. от 25.12.2023) "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации" [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/
3. Токарев, А. В. Построение веб-сервиса геокодирования / А. В. Токарев // Тезисы докладов XI Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. – Красноярск, 2010. – С. 70-71.
4. Ивлиев, Н. С. Современные информационные технологии и картографические формы / Н. С. Ивлиев, В. А. Манухович // Информатика. – 2015. – № 1. – С. 11-12.
5. Веб-картография и интерактивные карты: конструктор карт онлайн [Электронный ресурс] : Молодой ученый. – Электрон. журн. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/463/102388/>
6. Документация по .NET [Электронный ресурс] : техническая документация. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/>

Исследование популярных движков для создания мобильной игры с использованием элементов геймификации обучения

П. С. Мишин, email: mishin@cs.vsu.ru
А. И. Чекмарёв, email: chekmarew@cs.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются несколько игровых движков с целью их анализа и поиска наиболее подходящего для реализации мобильной игры, целью которой является геймификация обучения основам игры на гитаре.*

***Ключевые слова:** мобильная разработка, геймификация обучения, игровые движки, сравнительный анализ.*

Введение

В свете постоянного развития технологий и растущей популярности мобильных устройств, создание образовательных приложений становится более актуальным и привлекательным направлением в сфере мобильной разработки. Однако выбор подходящего движка для разработки мобильной игры с элементами геймификации обучения представляет собой сложную задачу, требующую особого внимания к функциональным возможностям и эффективности инструментов разработки.

Данная статья посвящена анализу популярных движков, предназначенных для создания мобильных игр с акцентом на интеграцию образовательных элементов и геймификации. В контексте постоянно меняющегося ландшафта образовательных технологий, понимание возможностей существующих инструментов является ключевым элементом для разработчиков и исследователей, стремящихся создать инновационные и эффективные мобильные образовательные приложения.

Статья предлагает обзор популярных движков, проводит анализ их функциональных характеристик, а также оценивает их пригодность для интеграции геймификационных элементов в контексте обучения. Полученные результаты и выводы могут служить основой для разработки более эффективных и привлекательных образовательных приложений, способствующих успешному обучению через взаимодействие с мобильными играми.

1. Требования к движку

В общем случае, требования к движку делятся на 2 категории: общие и частные. Под общими будем понимать требования, которые разработчики хотят максимизировать независимо от спецификации игры, например, производительность, кроссплатформенность, поддержка различных видов визуализации интерфейса и игрового пространства, полнота документации и т.п. Под частными же требованиями будем понимать те, которые напрямую зависят от тематики и задач разрабатываемой игры.

В качестве примера рассмотрим разработку мобильной игры для обучения основам игре на гитаре.

Для объективного сравнения движков будем использовать следующие критерии:

1. производительность,
2. кроссплатформенность,
3. монетизация (ценовая политика),
4. возможность взаимодействия с операционной системой,
5. полнота документации и активное сообщество,
6. легкость в использовании.

Частный пример диктует нам также дополнительные критерии оценки:

- поддержка видео- и аудиоматериалов,
- интеграция со средствами обратной связи.

В следующем разделе рассмотрим несколько популярных на данный момент движков.

2. Общий обзор популярных движков

Для этой статьи было выбрано 5 популярных на данный момент движков для создания игр:

1. Unity

Unity – кроссплатформенная среда разработки компьютерных игр, разработанная американской компанией Unity Technologies. Unity позволяет создавать приложения, работающие на более чем 25 различных платформах, включающих персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства, интернет-приложения и другие [1-3].

Популярная платформа разработки интерактивного контента реального времени. Около 47% разработчиков игр используют ее в качестве основного инструмента разработки, а доля Unity на мировом рынке игровых движков составляет 45% [4]. В основном использует язык программирования C#.

Популярные игры, сделанные на Unity: Subnautica & Subnautica: Below Zero, Iron Man, Escape from Tarkov, Monument Valley 2.

2. Unreal Engine

Unreal Engine – игровой движок, разрабатываемый и поддерживаемый компанией Epic Games. Платформа позволяет вносить изменения или модификации в игру без необходимости навыков программирования и вмешательства в код. В основном используется для разработки 3D-игр, но Unreal Engine также используется в других отраслях. Например, киноиндустрия использует его для создания виртуальных декораций и анимационных фильмов [3]. В основном использует язык программирования C++ [5].

Популярные игры, разработанные с помощью Unreal Engine: Mortal Kombat, Batman: Arkham Asylum & City, A Way Out, King's Bounty II и Biomutant.

3. Godot

Godot Engine – открытый кроссплатформенный 2D- и 3D-игровой движок под лицензией MIT, который разрабатывается сообществом Godot Engine Community. Одним из преимуществ Godot является его поддержка нескольких языков программирования. Вы можете писать сценарии на GDScript (язык, специально созданный для Godot), C#, C++, VisualScript, что позволяет разработчикам выбирать язык в зависимости от их предпочтений и опыта. Godot предоставляет инструменты для легкой реализации многопользовательского режима, что делает его отличным выбором для проектов с фокусом на многопользовательском взаимодействии. Структура Godot основана на концепции узлов, что упрощает организацию объектов в игре. Это способствует удобству и ясности кода. Для написания скриптов и логики игры используется свой язык программирования GDScript [1-3].

4. Solar2D

Solar2D (бывший до 2020 года «Corona SDK») – бесплатный фреймворк с открытым исходным кодом для создания игр и приложений, разработанный компанией Corona Labs Inc. Solar2D позволяет создавать мобильные 2D-приложения для различных платформ без необходимости вносить изменения в код. Заявлена поддержка таких платформ, как Android, iOS, Kindle, macOS, Windows, Linux. Предусмотрена сборка веб-приложений (HTML5).

Solar2D использует язык Lua для реализации логики приложений. Помимо этого разработчики имеют возможность обращаться к нативным библиотекам или API с помощью языков C, C++, Objective-C или Java [1-3].

Игры на Solar 2D: Grow Beets Clicker, Designer City, The Lost City и Zip Zap.

5. Flame

Flame – модульный игровой движок для кроссплатформенного фреймворка Flutter, предоставляющий полный набор нестандартных решений для игр. Он использует преимущества мощной инфраструктуры Flutter, но упрощает код, необходимый для создания проектов.

Движок предоставляет простую, но эффективную реализацию игрового цикла и необходимые функции, которые могут вам понадобиться в игре. Например, ввод, изображения, спрайты, листы спрайтов, анимация, обнаружение столкновений и система компонентов, которую мы называем системой компонентов пламени (сокращенно FCS). Основной используемый язык программирования – Dart. Использование Dart в качестве языка программирования обеспечивает отличную производительность и эффективность при разработке. Dart является компилируемым, что способствует высокой производительности во время выполнения [6].

3. Сравнение движков по критериям

Сравним представленные движки по выбранным нами критериям в таблице.

Таблица

Сравнение движков по критериям

	Unity	Unreal Engine	Godot	Solar2D	Flame
Производительность	Хорошо	Плохо	Хорошо	Отлично	Отлично
Кроссплатформенность	Да	Да	Да	Только моб. Плат формы	Да
Ценовая политика	Условно беспл.	Условно беспл.	Беспл.	Беспл.	Беспл.
Взаимодействие с ОС	Хорошо	Отлично	Плохо	Плохо	Отлично
Документация	Хорошо	Отлично	Хорошо	Хорошо	Средне
Легкость использования	Легко	Сложно	Легко	Легко	Средне
Поддержка видео- и аудиоматериалов	Да	Да	Да, но с огр.	Да	Да
Интеграция со средствами обратной связи	Отлично	Отлично	Средне	Средне	Хорошо
Язык программирования	C#	C++	GDScript	Lua	Dart

Можем разделить представленные движки на 2 группы по ценовой политике: Условно бесплатные (которые имеют платные планы и роялти с продаж) и Бесплатные.

Изучив данные, представленные в таблице, можем сделать вывод, что среди Условно бесплатных движков для мобильных игр лучшим оказывается Unity из-за его хорошей производительности на всех устройствах и легкости в использовании. Тем не менее, если игра будет нацелена больше на рынок производительных устройств, таких, как ПК или мощные игровые смартфоны, а также команда разработчиков будет иметь большой опыт в разработке мобильных игр, то лучшим выбором среди Условно бесплатных движков будет Unreal Engine.

Среди Бесплатных игровых движков наиболее удобным оказывается Flame, предоставляя обширный набор инструментов взаимодействия с операционной системой и средствами обратной связи, обладающий отличной производительностью и полной кроссплатформенностью. Godot и Solar2D в свою очередь подходят для небольших проектов, обеспечивая хорошую производительность и являясь отличным выбором для новичков из-за своей дружелюбной среды разработки и открытого исходного кода.

Заключение

Было произведено исследование популярных движков для создания мобильной игры для того чтобы обеспечить оптимальный выбор движка для требуемых задач. Были определены общие критерии выбора, а также частные на примере задачи разработки приложения, обучающего основам игры на гитаре. После анализа движков и сравнения по критериям был сделан вывод, что для данного примера наилучшим вариантом полностью бесплатного игрового движка является Flame, а лучшим вариантом условно бесплатного игрового движка является Unity.

Список литературы

1. 20 Лучших движков для мобильных игр на iOS и Android в 2023 году [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : <https://asomobile.net/blog/20-luchshih-dvizhkov-dlya-mobilnyh-igr-na-ios-i-android-v-2023-godu/>
2. Подборка лучших движков для мобильных игр [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : <https://appbooster.com/blog/podborka-luchshikh-dvizhkov-dlia-mobilnykh-igr/>
3. The best 22 mobile game engines and development platforms [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : <https://appradar.com/blog/mobile-game-engines-development-platforms>

4. Unity Engine Documentation [Электронный ресурс] : официальная документация. – Режим доступа : <https://unity.com/mobile-solution-guide>

5. Unreal Engine Documentation [Электронный ресурс] : официальная документация. – Режим доступа : <https://www.unrealengine.com/en-US/solutions/games/mobile-games>

6. Flame Engine Documentation [Электронный ресурс] : официальная документация. – Режим доступа : <https://docs.flame-engine.org/latest/>

Построение модального регулятора для звена чистого запаздывания

М.В. Половинкин, e-mail: polovinkiny@yandex.ru

ФГБОУ ВО «ВГУ»

Аннотация. Рассмотрена задача построения конечномерного регулятора для объекта чистого запаздывания. Для примера синтезированы стабилизирующие регуляторы бесконечномерного объекта, аппроксимированного инерционным звеном II порядка и дробью Паде(1/1). Проанализированы некоторые особенности применения аппроксимаций.

Ключевые слова: Конечномерный регулятор, звено чистого запаздывания, устойчивость, модальное управление, аппроксимация.

Введение

В теории автоматического регулирования сохраняется постоянный интерес к системам с запаздыванием. Регулирование количества угля на ленточных транспортерах, двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, горение жидкостей в реактивном двигателе, сушка известняка во вращающихся печах, производство бумаги, производство стекла, регулирование показателя pH какой-нибудь жидкости – вот примеры технологических процессов.

Существует проблема скорости реакции человека на внешние воздействия. Это имеет особое значение при больших скоростях протекания процессов, например, при управлении самолетами или ракетами.

Задачи запаздывания присутствуют при построении математических моделей некоторых биологических процессов, таких как рост популяций. Стоит отметить, что многие экономические задачи являются предметом исследования, также требуют для своей правильной постановки применения математических моделей в виде дифференциально-разностных уравнений (модели Колецкого, задачи Рикарда)[1].

Проблема построения регуляторов для объектов с запаздыванием отражена в работах Х. Гурецкого, А. Г. Бутковского, Б. Н. Девятова, Л. Н. Рассудова, В. Н. Мядзеля, М. А. Лавреньева, Дж. Л. Уолша, Г. И. Лозгачева, А. В. Дылевского и других учёных. Были достигнуты основополагающие результаты для распределенного запаздывания,

исследований методов аппроксимации. Один из таких основополагающих методов моделирования запаздывания будет рассмотрен в данной статье.

Основная трудность при анализе и синтезе систем с запаздыванием состоит в том, что объект с запаздыванием является бесконечномерным.

Изображение по Лапласу звена запаздывания является трансцендентной функцией, т.е. она не может быть выражена в терминах конечной последовательности алгебраических операций сложения, вычитания, умножения, деления, возведения в степень и извлечения корня. А синтез модальных регуляторов как раз является методом работы с дробно-рациональной передаточной функцией объекта. Здесь уместно рассмотреть приближения звена запаздывания с помощью той или иной дробно-рациональной функции конечного порядка[2]. Например, использовать инерционное звено или дробь Паде.

1. Постановка задачи

Построить конечномерный регулятор для объекта чистого запаздывания по предложенным аппроксимациям. Применить построенный регулятор для замкнутой системы автоматического регулирования, в которой объектом является чистое запаздывание. Проанализировать некоторые особенности метода.

2. Варианты аппроксимаций

Рассмотрим первый вариант аппроксимации звена запаздывания. Изображением по Лапласу звена чистого запаздывания является экспонента $e^{-\tau p}$.

Следствие из второго замечательного предела:

$$e^{\tau p} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\tau p}{n} \right)^n$$

$$e^{-\tau p} = \frac{1}{e^{\tau p}} = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\tau p}{n} \right)^n}$$

Для $n = 2$:

$$e^{-\tau p} \approx \frac{1}{\left(1 + \frac{\tau p}{2} \right)^2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{\tau p}{2} \right) \left(1 + \frac{\tau p}{2} \right)}$$

–инерционное звено II порядка[3];

при $\tau = 1$:

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{p}{2}\right) \cdot \left(1 + \frac{p}{2}\right)} = \frac{4}{(p^2 + 4p + 4)} \quad (1)$$

Рассмотрим второй вариант аппроксимации запаздывания. Возьмем табличную дробь Паде(1/1) из работы Бейкера [3]:

$$e^z \approx \frac{2+z}{2-z},$$

$$e^{-\tau p} \approx \frac{1}{\frac{2+\tau p}{2-\tau p}} = \frac{2-\tau p}{2+\tau p},$$

при $\tau = 1$:

$$e^{-p} \approx \frac{2-p}{2+p}$$

Подберем желаемый характеристический полином замкнутой системы, чтобы по рассмотренным приближениям построить конечномерные регуляторы.

Передающая функция регулятора будет иметь вид:

$$W_{pec} = \frac{S(p)}{R(p)} \quad (2)$$

В зависимости от запроса качества системы можно рассмотреть разные порядки передаточных функций-аппроксимантов. Стабилизация системы при разных задающих воздействиях будет также зависеть от относительного порядка передаточной функции регулятора. При единичном задающем воздействии и отсутствии возмущения достаточно, чтобы регулятор имел астатизм I порядка [3]. Необходимо найти стабилизирующие регуляторы.

3. Алгоритм

Таким образом, чтобы стабилизировать систему с чистым запаздыванием, нужно синтезировать конечномерные регуляторы по предложенным дробно-рациональным приближениям. Для коррекции астатизма и поиска стабилизирующих регуляторов, воспользуемся параметризацией Юлы. Затем подставим регуляторы в систему с чистым запаздыванием при единичном задающем воздействии, без возмущения. Получим замкнутую систему регулирования с объектом в виде чистого запаздывания. Рассмотрим модель системы с объектом аппроксимированного запаздывания и модель системы с чистым запаздыванием. Сравним время регулирования переходного процесса в

системе с аппроксимированным запаздыванием и с чистым запаздыванием на графиках.

4. Пример построения регулятора по объекту инерционного звена II порядка

Пусть передаточная функция приближения звена чистого запаздывания задана в виде:

$$W_{об} = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{4}{(p^2 + 4p + 4)} \quad (3)$$

Данный вид передаточной функции соответствует инерционному звену II порядка из вывода формулы (1).

$$B(p) = 4 \quad (4)$$

$B(p)$ - многочлен степени $l = 0$.

$$A(p) = (p^2 + 4p + 4) \quad (5)$$

$A(p)$ - многочлен степени $m = 2$.

Внешнее воздействие представлено единичным скачком. Тогда характеристический полином замкнутой системы:

$$D(p) = S(p) \cdot B(p) + R(p) \cdot A(p), \quad (6)$$

где $D(p)$ - многочлен степени n , возьмем $n = 4$, $S(p)$ - многочлен степени $m - 1 = 2 - 1 = 1$, $R(p)$ - многочлен степени $n - m = 4 - 2 = 2$.

Пусть желаемый характеристический многочлен [4]:

$$D(p) = (p + 1)^4 = p^4 + 4p^3 + 6p^2 + 4p + 1. \quad (7)$$

Возьмем

$$S(p) = s_0 \cdot p + s_1. \quad (8)$$

$$R(p) = \frac{D(p) - B(p) \cdot S(p)}{A(p)} \quad (9)$$

Подставим в (9) многочлены из (7), (4), (8) и (5), и получим после преобразования [4]:

$$R(p) = \frac{p^4 + 4 \cdot p^3 + 6 \cdot p^2 + (4 - 4 \cdot s_0) \cdot p + (1 - 4 \cdot s_1)}{p^2 + 4 \cdot p + 4}.$$

После деления многочленов:

$$R(p) = p^2 + 2 + \frac{(-4 - 4 \cdot s_0) \cdot p + (-7 - 4 \cdot s_1)}{p^2 + 4 \cdot p + 4}.$$

Тогда

$$R(p) = p^2 + 2 \quad (10)$$

Применим условие обнуления остатка от деления полиномов[5]:

$$\begin{cases} -4 - 4 \cdot s_0 = 0, \\ -7 - 4 \cdot s_1 = 0, \end{cases}$$

$$\begin{cases} s_0 = -1, \\ s_1 = -\frac{7}{4}. \end{cases}$$

Получим

$$S(p) = -p - \frac{7}{4}. \quad (11)$$

В (2) подставим (10) и (11):

$$W_{pez} = \frac{S(p)}{R(p)} = \frac{-p - \frac{7}{4}}{p^2 + 2}.$$

Тогда пусть

$$W_{pez} = \frac{S^*(p)}{R^*(p)} = \frac{-p - \frac{7}{4}}{p^2 + 2}.$$

Найдем W_p обеспечивающий необходимый порядок астатизма:

С помощью параметризации Юлы [6]:

$$S(p) = S^*(p) + C_0(p)A(p),$$

$$R(p) = R^*(p) - C_0(p)B(p),$$

$$W_{pez} = \frac{S(p)}{R(p)} = \frac{-p - \frac{7}{4} + C_0(p) \cdot (p^2 + 4p + 4)}{p^2 + 2 - 4 \cdot C_0(p)}.$$

Тогда положим

$$C_0(p) = \frac{1}{2}$$

- условие, обеспечивающее нам два интегратора в знаменателе.

$$W_{pec} = \frac{S(p)}{R(p)} = \frac{-p - \frac{7}{4} + \frac{1}{2} \cdot p^2 + 2 \cdot p + 2}{p^2 + 2 - 2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{p^2 + p + \frac{1}{4}}{p^2}$$

Замкнутая система автоматического регулирования с объектом аппроксимированного запаздывания (инерционным звеном II порядка) и синтезированным регулятором представлена на рис.1. График переходного процесса на рис. 2.

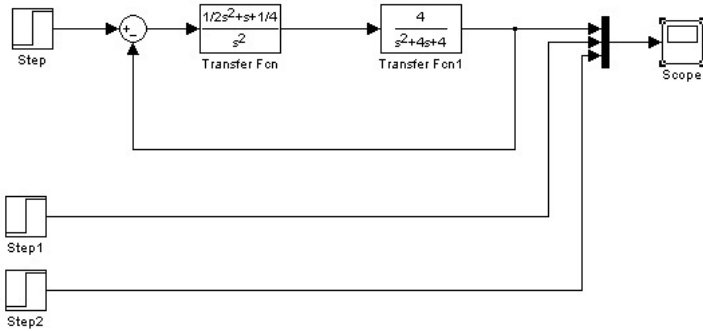


Рис. 1. Модель системы с аппроксимированным звеном запаздывания в Simulink.

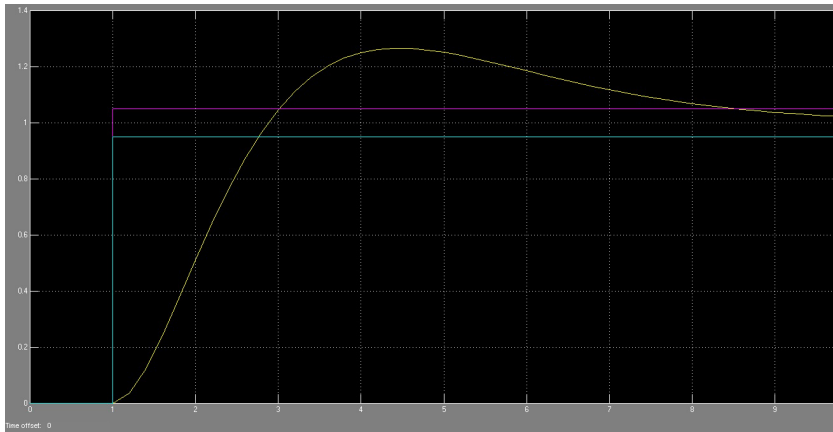


Рис. 2. График переходного процесса в ПК Matlab для аппроксимированного звена запаздывания.

Замкнутая система автоматического регулирования с объектом чистого запаздывания и синтезированным (по аппроксимированному

запаздыванию) регулятором представлена на рис.3. График переходного процесса на рис. 4.

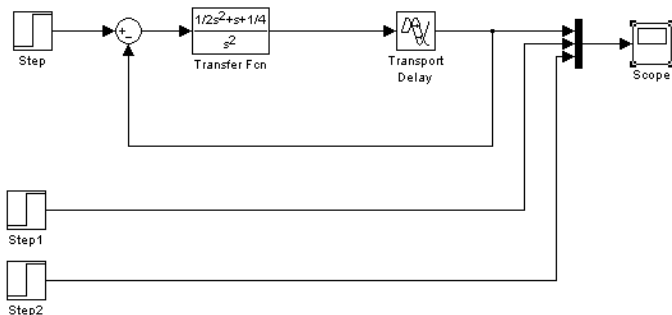
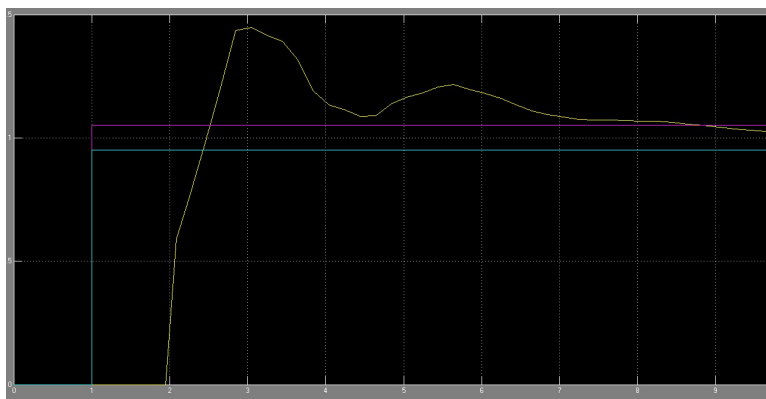


Рис. 3. Модель системы с чистым звеном запаздывания в Simulink.



Время регулирования системы с чистым запаздыванием мало изменилось по отношению к системе регулирования с аппроксимированным запаздыванием.

Рис. 4. График переходного процесса в ПК Matlab для чистого звена запаздывания.

И в первом и во втором случае

$$T_{рег} \approx 8,5$$

Результат характеристики получен при единичном воздействии, возмущающее воздействие отсутствует.

5. Пример построения регулятора по объекту дроби Паде(1/1)

Пусть передаточная функция приближения звена чистого запаздывания задана в виде:

$$W_{ос} = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{2-p}{2+p} \quad (12)$$

Что соответствует табличной аппроксимации Паде(1/1) экспоненты из [5]. Тогда

$$B(p) = 2 - p \quad (13)$$

$B(p)$ - многочлен степени $l = 1$.

$$A(p) = 2 + p \quad (14)$$

$A(p)$ - многочлен степени $m = 1$.

Внешнее воздействие представлено единичным скачком. Возмущающее воздействие отсутствует. Тогда характеристический полином замкнутой системы.

$$D(p) = S(p) \cdot B(p) + R(p) \cdot A(p)$$

где $D(p)$ - многочлен степени n , возьмем $n = 2$, $S(p)$ - многочлен степени $m - 1 = 0$, $R(p)$ - многочлен степени $n - m = 2 - 1 = 1$.

Пусть желаемый характеристический многочлен[4]:

$$D(p) = (p+1)^2 = p^2 + 2p + 1. \quad (15)$$

Возьмем

$$S(p) = s_0. \quad (16)$$

$$R(p) = \frac{D(p) - B(p) \cdot S(p)}{A(p)} \quad (17)$$

Подставим в (17) многочлены из (15), (13), (16) и (14) и получаем после преобразования:

$$R(p) = \frac{p^2 + (2 + s_0) \cdot p + (1 - 2 \cdot s_0)}{p + 2},$$

после деления многочленов получаем:

$$R(p) = p + s_0 + \frac{(1 - 4 \cdot s_0)}{p + 2}. \quad (18)$$

Применим условие обнуления остатка от деления полиномов[4]:

$$1 - 4 \cdot s_0 = 0.$$

Отсюда найдём коэффициент s_0 :

$$s_0 = \frac{1}{4}.$$

$$S(p) = \frac{1}{4}$$

Подставим значение s_0 в (18):

$$R(p) = p + \frac{1}{4}.$$

$$W_{pez} = \frac{S(p)}{R(p)} = \frac{\frac{1}{4}}{p + \frac{1}{4}}$$

Тогда пусть

$$W_{pez} = \frac{S^*(p)}{R^*(p)} = \frac{\frac{1}{4}}{p + \frac{1}{4}}.$$

Найдем W_{pez} обеспечивающий необходимый порядок астатизма:

С помощью параметризации Юлы [6]:

$$S(p) = S^*(p) + C_0(p) \cdot A(p),$$

$$R(p) = R^*(p) - C_0(p) \cdot B(p),$$

$$W_{pez} = \frac{S(p)}{R(p)} = \frac{\frac{1}{4} + C_0(p) \cdot (p+2)}{p + \frac{1}{4} - C_0(p) \cdot (2-p)}. \quad (19)$$

Условие для астатизма, обеспечивающее один интегратор в знаменателе:

$$\frac{1}{4} - 2 \cdot C_0(p) = 0,$$

$$-2 \cdot C_0(p) = -\frac{1}{4},$$

$$C_0(p) = \frac{1}{8}.$$

Тогда подставим $C_0(p)$ в (19):

$$W_{pez} = \frac{S(p)}{R(p)} = \frac{\frac{1}{4} + \frac{1}{8} \cdot (p+2)}{p + \frac{1}{4} - \frac{1}{8} \cdot (2-p)} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{8} \cdot p}{\frac{9}{8} \cdot p}$$

Замкнутая система автоматического регулирования с объектом аппроксимированного запаздывания (дробью Паде (1/1)) и синтезированным регулятором по соответствующей аппроксимации представлена на рис.5. График переходного процесса на рис. 6.

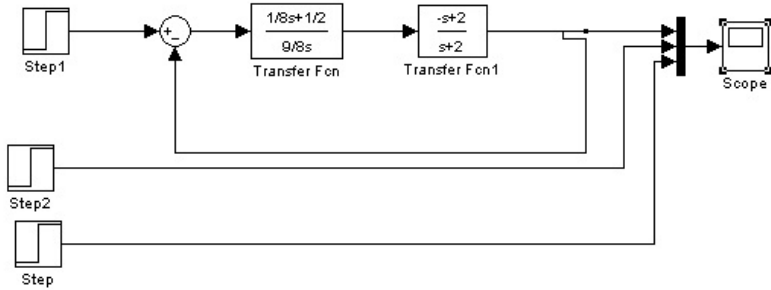


Рис. 5. Модель системы с аппроксимированным звеном запаздывания в Simulink.

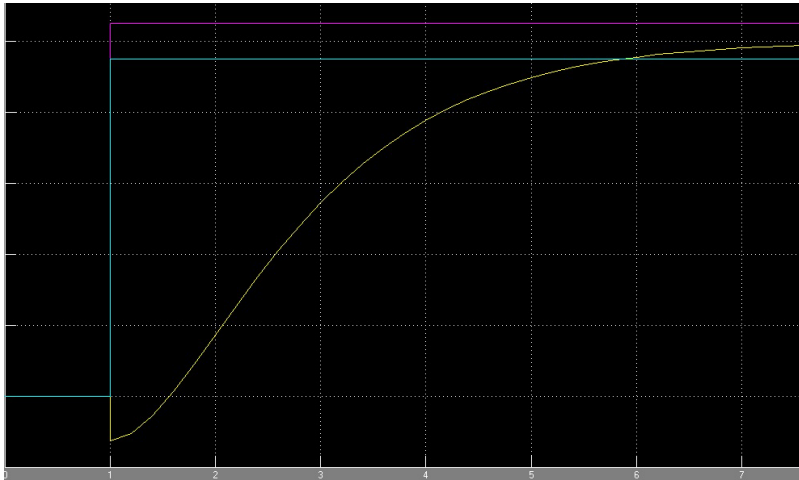


Рис. 6. График переходного процесса в ПК Matlab для аппроксимированного звена запаздывания.

Замкнутая система автоматического регулирования с объектом чистого запаздывания и синтезированным (по дроби Паде[1/1]) регулятором представлена на рис.7. График переходного процесса на рис. 8.

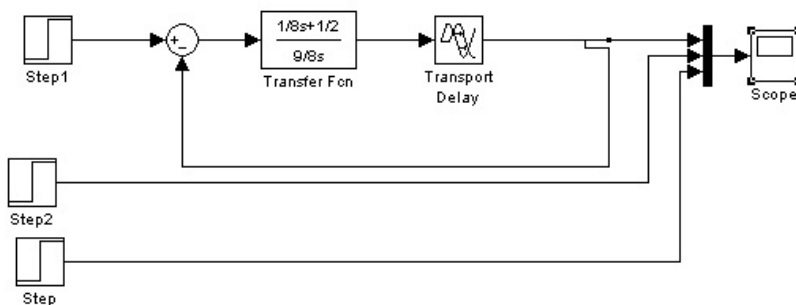
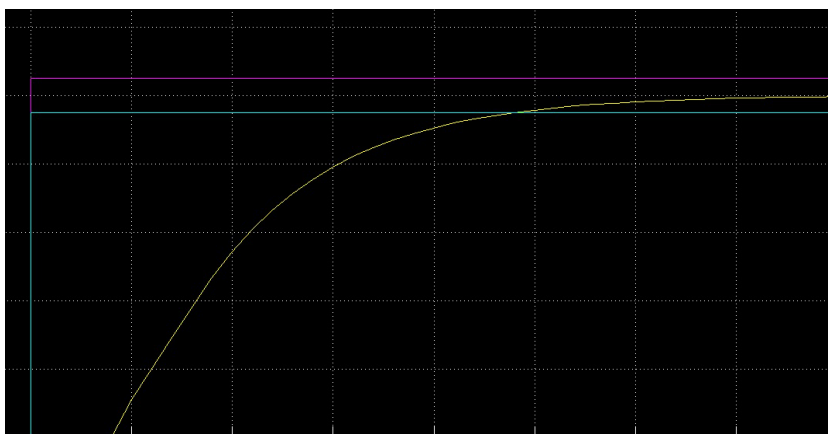


Рис. 7. Модель системы с чистым звеном запаздывания.



Время регулирования системы с чистым запаздыванием мало изменилось по отношению к системе регулирования с аппроксимированным запаздыванием

Рис. 8. График переходного процесса в ПК Matlab для чистого звена запаздывания.

И в первом и во втором случае

$$T_{рез} \approx 4,85 .$$

Результат характеристики получен при единичном воздействии, возмущающее воздействие отсутствует.

Заключение

Рассмотрен метод построения конечномерных регуляторов для объекта чистого запаздывания.

Представлены модели управления в Simulink ПК Matlab по аппроксимированному запаздыванию. На модели управления с чистым запаздыванием применены соответствующие синтезированные астатические регуляторы. Описанный в данном исследовании метод может быть применен и в ситуации объекта с запаздыванием, где объект представлен дробно-рациональной передаточной функцией. Планируется продолжения исследования на данную тему: применение приближения рядами Бурмана-Лагранжа, сравнение с приближением Паде и инерционными звеньями при повышении степени приближения, добавления возмущения.

Список литературы

1. Гурецкий, Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием / Х. Гурецкий. – М.: «Машиностроение», 1974. – С. 19-28.
2. Дылевский, А. В. Синтез конечномерных регуляторов для устойчивых объектов с распределенным запаздыванием / А. В. Дылевский, Г. И. Лозгачев, В. С. Малютина // Вестник ВГУ: системный анализ и информационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 21- 24.
3. Воронов, А. А. Основы теории автоматического управления. Ч. 1. Линейные системы регулирования одной величины / А.А. Воронов. – М.-Л.: издательство «Энергия», 1965. – Т. 1. – С. 123.
4. Лозгачев, Г. И. Синтез модальных регуляторов по передаточной функции замкнутой системы / Г. И. Лозгачев // АиТ. – 1995. – №5. – С. 49-55.
5. Бейкер, Дж. мл. Аппроксимации Паде / Дж. Бейкер мл., П. Грейвс-Моррис; пер. с англ. Е. А. Рахманова и С. П. Суетина под редакцией А. А. Гончара. – М.: «Мир», 1986. – С. 19.
6. Поляков, К. Ю. Теория автоматического управления для «чайников» / К. Ю. Поляков. – СПб.: издательство СПбГМТУ, 2008. – С. 77.

Универсальный драйвер шагового электродвигателя для микроконтроллера

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 предложен универсальный драйвер управления шаговыми двигателями для микроконтроллера с использованием внешнего блока управления шаговым двигателем.*

***Ключевые слова:** микроконтроллер, STM32, GD32, шаговый электродвигатель*

Введение

Шаговые электродвигатели нашли широкое применение в технике. Они позволяют управлять частотой вращения вала в широких пределах, реализовать плавный пуск и остановку, с высокой точностью устанавливать механические регуляторы, перемещать обрабатывающий инструмент и другие исполнительные механизмы. Но использование шагового двигателя обычно требует использование микропроцессорного управления и влечет за собой разработку соответствующего программного обеспечения.

В данной работе предлагается универсальный программный модуль (драйвер) для управления шаговым электродвигателем с использованием широко распространенных микроконтроллеров семейства STM32 [1] или полностью совместимых с ними микроконтроллеров семейства GD32 китайской компании GigaDevice Semiconductor Inc. [2]. Драйвер написан на языке программирования C и легко интегрируется в программу микроконтроллера в любой среде разработки.

1. Концепция универсального драйвера шагового двигателя

Оформление работы должны строго выполняться с использованием только стилей, которые представлены в данном шаблоне.

Шаговый электродвигатель относится к классу синхронных бесщёточных электродвигателей. Он содержит несколько обмоток, посредством коммутации которых создается магнитное поле заданной ориентации, приводящее и удерживающее ротор двигателя в требуемом

положении. Существуют специальные устройства, например блоки управления шаговыми двигателями серии SMD производства ООО «Электропривод», г. Санкт-Петербург [3]. Наличие внешнего блока управления позволяет исключить из программного драйвера функции управления коммутацией обмоток и контроля тока через них.

На рис. 1 показана блок-схема подключения микроконтроллера к блоку управления шаговым двигателем.

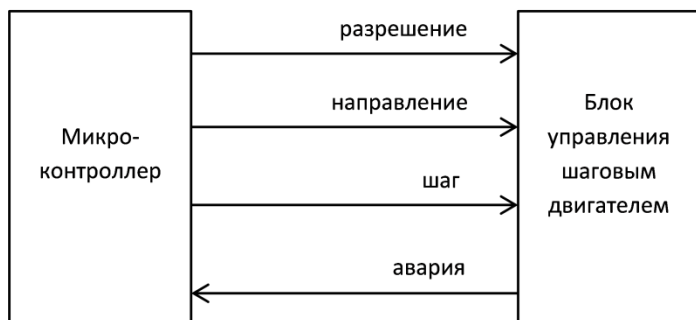


Рис. 1. Подключение микроконтроллера к блоку управления шаговым двигателем

Для подключения микроконтроллера к блоку управления шаговым двигателем используется три дискретных выхода общего назначения и один дискретный вход общего назначения микроконтроллера (GPIO).

Микроконтроллер устанавливает направление вращения ротора и формирует импульсы поворота ротора на один шаг. Сигнал разрешения работы включает подачу тока в обмотки двигателя. Если сигнал разрешения активен, а импульсы шага не формируются, то ротор шагового двигателя будет удерживаться в текущем положении.

Блок управления шаговым двигателем формирует сигнал аварии при перегреве силовых ключей или при обрыве в цепи обмоток.

Предлагаемый драйвер шагового двигателя поддерживает опциональное подключение датчика движения, датчика угла поворота (энкодера) и концевых выключателей. Драйвер поддерживает несколько режимов управления шаговым двигателем:

- выполнение указанного числа шагов в прямом или обратном направлении;
- выполнение шагов в прямом направлении до получения заданного числа импульсов от датчика движения;
- выполнение шагов в прямом или обратном направлении до поворота на заданный угол по энкодеру;

– выполнение шагов в прямом или обратном направлении до достижения заданного относительного положения между двумя предопределенными крайними положениями.

Перед запуском двигателя необходимо выбрать режим управления и установить цель работы шагового двигателя. Затем можно запустить работу шагового двигателя. После достижения поставленной цели шаговый двигатель остановится. После остановки двигателя ротор может удерживаться в текущем положении или ротор может быть освобожден, в зависимости от настройки драйвера.

Непрерывная работа двигателя в заданном направлении может быть достигнута в режиме управления по числу шагов, если в качестве цели установить бесконечное число шагов. Направление вращения ротора двигателя в режиме управления по числу шагов определяется знаком целевого значения числа шагов. Отрицательное значение означает вращение ротора в обратную сторону.

В режиме управления по энкодеру целевой угол поворота также может быть отрицательным, что будет означать вращение ротора в обратном направлении.

При работе в любом режиме срабатывание концевого выключателя остановит шаговый двигатель.

Работа в режиме управления по относительному положению между заданными крайними положениями требует обязательного использования концевых выключателей для обозначения крайних положений механизма. Перед началом работы в режиме управления по относительному положению между заданными крайними положениями необходима калибровка привода, которая выполняется драйвером в автоматическом режиме за счет перемещения привода от первого крайнего положения до второго крайнего положения с контролем по концевым выключателям.

Архитектура драйвера показана на рис. 2

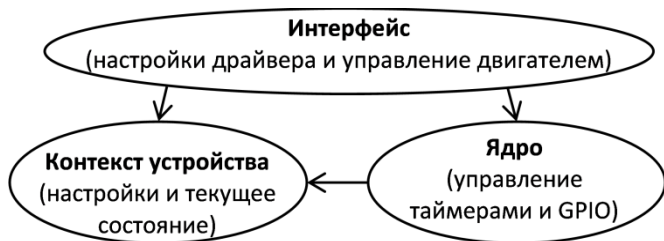


Рис. 2. Подключение микроконтроллера к блоку управления шаговым двигателем

Далее рассмотрим компоненты драйвера более детально.

2. Контекст устройства

Контекст устройства это структура данных, содержащая информацию о назначенных таймерах, о подключении блока управления шаговым двигателем и внешних датчиков (порты GPIO), о режиме управления, заданной цели и текущем состоянии шагового двигателя. Если ресурсы контроллера позволяют (достаточно таймеров и выводов GPIO), то драйвер может независимо управлять несколькими шаговыми двигателями, для чего необходимо будет определить собственный контекстов устройства для каждого подключенного двигателя.

Для работы с драйвером пользователь не должен обращаться напрямую к полям контекста устройства – все взаимодействие должно выполняться через интерфейс драйвера. Тем не менее, при реализации драйвера структура контекста STEPPER_DeviceContext определена в заголовочном файле драйвера stepperdrv.h и не скрывается от пользователя. Это связано со специфическими требованиями к выделению памяти во встраиваемом программном обеспечении – часто требуется статическое выделение памяти и размер структуры контекста должен быть известен на этапе компиляции. Самым простым и надежным решением в этом случае будет сделать доступным для пользователя явное определение структуры контекста.

Таким образом, для работы с драйвером необходимо определить контекст устройства и очистить его. При динамическом выделении памяти для очистки контекста может быть использована функция STEPPER_init_context() из интерфейса драйвера, как показано в листинге 1

Листинг 1

```
// вариант 1 - статическое выделение контекста
STEPPER_DeviceContext stepper_1 = { 0 };

// вариант 2 - динамическое выделение контекста
// предполагается использование FreeRTOS
STEPPER_DeviceContext* stepper_2 =
    (STEPPER_DeviceContext*)pvPortMalloc(
        sizeof(STEPPER_DeviceContext));
STEPPER_init_context(stepper_2);
```

В дальнейшем указатель на контекст устройства должен передаваться в каждую функцию из интерфейса драйвера.

Контекст устройства также содержит 64-битный абсолютный счетчик шагов, который никогда не сбрасывается, инкрементируется при шаге вперед и декрементируется при шаге назад независимо от режима

управления. В режиме управления по относительному положению значение абсолютного счетчика используется для определения границ перемещения.

3. Ядро драйвера

После запуска шагового двигателя функциями STEPPER_run() или STEPPER_calibrate_relative_position() управление работой шагового двигателя до достижения цели или до аварийной остановки двигателя выполняет ядро драйвера.

Перед запуском шагового двигателя ядро проверяет корректность конфигурации драйвера и поставленной цели в соответствии с алгоритмом, показанном на рис. 3.

Проверка конфигурации предполагает проверку назначения таймеров и портов GPIO в зависимости от режима управления.

Проверка параметров предполагает проверку корректности цели в зависимости от режима управления и проверку допустимости требуемой длительности шага.

Для режима управления по датчику движения цель должна быть указана как целое число $n > 0$, для режима управления по относительному положению цель должна быть указана как вещественное число $r \in [0,1]$, для остальных режимов цель должна быть указана как целое число $n \neq 0$.

Длительность шага проверяется на возможность формирования необходимого временного интервала с использованием назначенных таймеров (назначаются при инициализации драйвера вызовом функции STEPPER_set_timers(), объявление которой показано в листинге 2).

Листинг 2

```
bool STEPPER_set_timers
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    TIM_HandleTypeDef*      hardware_timer,
    uint32_t                hardware_timer_clock_Hz,
    osTimerId*              software_timer,
    osTimerId*              software_half_period_timer
);
```

Ядро может использовать для работы аппаратный таймер микроконтроллера или два программных таймера FreeRTOS. Необходимое требование к аппаратному таймеру – возможность запроса прерывания при совпадении значения счетчика таймера с заданным значением (compare mode). Если аппаратный таймер определен, то программные таймеры можно не назначать. В противном случае должны быть определены оба программных таймера.

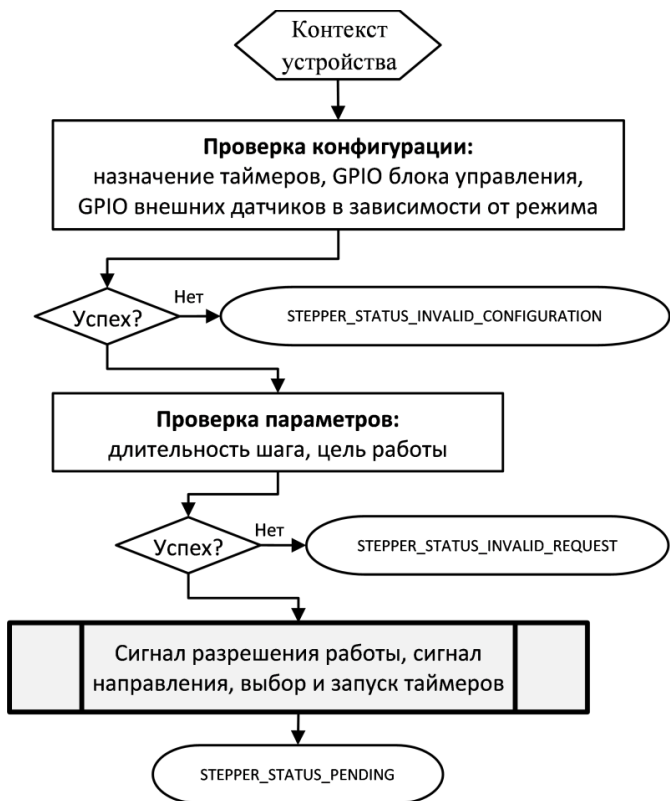


Рис. 3. Алгоритм запуска двигателя в ядре драйвера шагового двигателя

Если одновременно определены и аппаратный и программные таймеры, то выбор между ними делается ядром автоматически при запуске двигателя исходя из тактовой частоты аппаратного таймера и заданной длительности шага.

Если при заданной длительности шага для формирования периодической последовательности импульсов шага возможно использование как аппаратного, так и программных таймеров, то предпочтение отдается аппаратному таймеру, как обеспечивающему большую точность. Программные таймеры используются, только если аппаратный таймер не определен в контексте устройства или требуемая длительность шага не может быть сформирован аппаратным таймером при используемой тактовой частоте.

Аппаратный таймер может быть использован, если заданная длительность шага $T_{\text{Step}} \in [T_{\text{Min}}, T_{\text{Max}}]$, где $T_{\text{Min}} = 2 \cdot F_{\text{CLK}}^{-1}$ и $T_{\text{Max}} = 2^{N-1} \cdot F_{\text{CLK}}^{-1}$, где F_{CLK} - частота тактирования таймера, N - разрядность счетчика таймера. Например, при $F_{\text{CLK}} = 1 \text{ МГц}$ и $N = 16$ аппаратный таймер может работать с длительностью шага от 2 мкс до примерно 65 мс. Для программных таймеров $T_{\text{Min}} = 4 \text{ мс}$, при этом максимальную длительность шага можно полагать неограниченной (для таймеров FreeRTOS она составляет более 1000 часов).

При успешном выполнении проверок ядро активирует сигнал разрешения работы шагового двигателя, определяет необходимое для достижения цели направление вращения ротора двигателя, устанавливает соответствующий уровень сигнала направления и запускает выбранный таймер для формирования периодической последовательности импульсов шага.

На периоде сигнала шага фиксируется два события таймера: истечение половины длительности шага и полной длительности шага.

При использовании аппаратного таймера для определения истечения половины длительности шага используется аппаратный компаратор таймера, который формирует запрос прерывания при совпадении значения счетчика таймера со значением в регистре сравнения компаратора. При использовании программных таймеров для определения истечения половины длительности шага используется дополнительный неперiodический таймер, запускаемый в начале каждого шага. Полная же длительность шага задается периодическим таймером для более высокой стабильности, чтобы исключить влияние затрат времени на вызов и исполнение функции-обработчика.

При истечении половины длительности шага устанавливается активный уровень сигнала шага. Активный уровень может быть как высоким логическим уровнем на выходе GPIO, так и низким, в зависимости от настройки драйвера (требования к активному уровню определяются спецификацией блока управления шаговым двигателем).

При истечении полной длительности шага устанавливается неактивный уровень сигнала шага и выполняется проверка достижения цели в соответствии с алгоритмом, показанным на рис. 4.

Для проверки сигнала аварии от блока управления шаговым двигателем и состояния концевых выключателей используется опрос на каждом шаге работы двигателя. Прерывания не используются для экономии ограниченного ресурса каналов запроса прерывания. При этом использование опроса в данном случае не приводит к каким либо компромиссам или ухудшениям в работе драйвера. Действительно, при перегреве или обрыве в цепи обмоток двигателя блок управления

автоматически отключает шаговый двигатель, поэтому немедленная реакция на сигнал аварии не требуется.

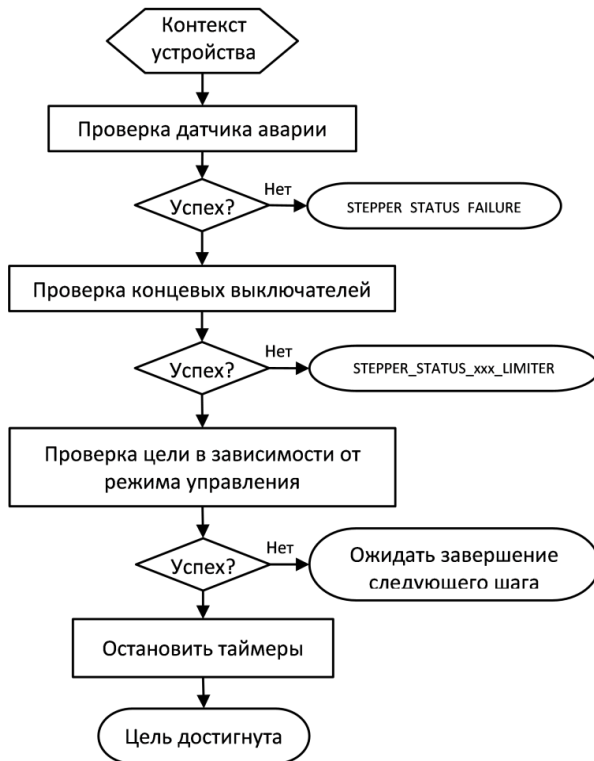


Рис. 4. Алгоритм проверки достижения цели в ядре драйвера шагового двигателя

Рассмотрим теперь работу концевых выключателей. Поворот ротора шагового двигателя выполняется дискретными шагами и сигнал концевого выключателя может появиться только после очередного шага. При обслуживании концевых выключателей по прерываниям, появление сигнала концевого выключателя вызвало бы запрос прерывания и отмену следующего шага двигателя. Но как уже было сказано, в текущей реализации драйвера проверка концевых выключателей не использует прерываний и выполняется драйвером по таймеру между шагами двигателя, так что следующий шаг не будет выполняться, если на предыдущем шаге достигнуто крайнее положение. Следовательно, никаких отличий от работы по прерываниям не будет.

Успехом проверки сигнала аварии и концевых выключателей считается отсутствие сигнала аварии и отсутствие срабатываний концевых выключателей. При срабатывании концевого выключателя работа шагового двигателя прерывается и выставляется флаг STEPPER_STATUS_BACKWARD_LIMITER или STEPPER_STATUS_FORWARD_LIMITER в зависимости от направления вращения ротора.

Алгоритм проверки цели зависит от режима управления. В режиме управления по заданному целевому числу шагов n , перед запуском двигателя определяется новое целевое значение абсолютного счетчика шагов $z_t = z + n$, где z – текущее значение абсолютного счетчика шагов. После каждого шага новое текущее значение абсолютного счетчика шагов сравнивается с целевым значением. Работа шагового двигателя завершается при выполнении условия $z_t = z$.

В режимах управления по датчику движения и по энкодеру сравнивается значение счетчика импульсов от датчика движения или энкодера с указанным целевым значением. Для подсчета импульсов используются прерывания EXPI, драйвер предоставляет соответствующие функции обратного вызова, которые должны вызываться из обработчиков прерываний в программе микроконтроллера.

В режиме управления по относительному положению, заданное целевое относительное положение $r \in [0,1]$ перед запуском двигателя пересчитывается в требуемое значения абсолютного счетчика шагов z_t по формуле $z_t = z_c \cdot r + z_b \cdot (1 - r)$, где z_c и z_b соответственно конечное и начальное положение, определенное при калибровке. Затем проверка достижения цели выполняется аналогично режиму управления по счетчику шагов, за исключением обработки сигналов концевых выключателей.

Если в режиме управления по числу шагов срабатывание концевого выключателя приводит просто к досрочному прекращению работы шагового двигателя с установкой соответствующего флага статуса, то в режиме управления по относительному положению дополнительно уточняются границы диапазона. При этом, если в качестве цели задано относительное положение $r = 0$ или $r = 1$, то для дополнительного уточнения границ диапазона перемещения в качестве целевого числа шагов выбирается $-\infty$ или $+\infty$ соответственно и работа шагового двигателя будет происходить до срабатывания концевого выключателя.

Калибровка привода запускается вызовом функции STEPPER_calibrate_relative_position(). Алгоритм калибровки состоит в перемещении привода назад до срабатывания концевого выключателя.

После остановки двигателя текущее значение абсолютного счетчика шагов запоминается как начальное положение z_b . Затем привод перемещается вперед до срабатывания второго концевого выключателя. После остановки двигателя текущее значение абсолютного счетчика шагов запоминается как конечное положение z_e . Попытка запуска двигателя в режиме управления по относительному положению без предварительной калибровки приводит к ошибке.

4. Интерфейс драйвера

Интерфейс драйвера основан на вызываемых функциях и включает шесть типов функций:

- 1) функции для установки базовой (обязательной) конфигурации;
- 2) функции для установки режима работы;
- 3) функции для установки цели;
- 4) функции запуска и остановки шагового двигателя;
- 5) функция проверки статуса;
- 6) функции обработки событий таймеров и датчиков (вызываются из обработчиков прерываний или функций обратного вызова программных таймеров).

Функции для установки базовой конфигурации предназначены для назначения таймеров и портов ввода-вывода для подключения блока управления шаговым двигателем. Функция интерфейса для назначения таймеров уже была рассмотрена ранее (см. листинг2).

Объявление функции для назначения портов для блока управления шаговым двигателем приведено в листинге 3.

Листинг 3

```
bool STEPPER_connect
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    GPIO_TypeDef*          enable_port,
    uint16_t               enable_pin,
    bool                   enable_inversion,
    GPIO_TypeDef*          direction_port,
    uint16_t               direction_pin,
    bool                   direction_inversion,
    GPIO_TypeDef*          step_port,
    uint16_t               step_pin,
    bool                   step_inversion,
    GPIO_TypeDef*          failure_port,
    uint16_t               failure_pin,
    bool                   failure_inversion
);
```

Функция позволяет назначить выводы микроконтроллера для формирования сигналов разрешения работы, направления и шага, а

также вывод для получения сигнала аварии от блока управления шаговым двигателем. Для всех каналов ввода-вывода может быть включен режим инверсии сигнала. В режиме инверсии активным будет низкий логический уровень сигнала. Наличие режима инверсии, независимо настраиваемого для каждого канала ввода-вывода, позволяет сочетать драйвер с любым блоком управления шаговым двигателем, как при прямом подключении блока управления к контроллеру, так и при использовании буферных каскадов на транзисторах или специализированных микросхемах.

Также к обязательной конфигурации драйвера относится установка длительности шага, см. листинг 4.

Листинг 4

```
bool STEPPER_write_step_duration
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    float                  step_duration_ms
);
```

Определение функций для установки режима работы приведено в листинге 5.

Листинг 5

```
// установка режима работы по числу шагов
bool STEPPER_count_mode
(
    STEPPER_DeviceContext* context
);

// установка режима работы
// по числу импульсов датчика движения
bool STEPPER_motion_sensor_mode
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    uint16_t               motion_sensor_interrupt_pin
);

// установка режима работы по энкодеру
bool STEPPER_encoder_mode
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    uint16_t               encoder_interrupt_pin,
    GPIO_TypeDef*          encoder_direction_port,
    uint16_t               encoder_direction_pin,
    bool                   encoder_direction_inversion
);
```

```
// установка режима работы по относительному положению
bool STEPPER_relative_position_mode
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    GPIO_TypeDef*          backward_limiter_port,
    uint16_t               backward_limiter_pin,
    bool                   backward_limiter_inversion,
    GPIO_TypeDef*          forward_limiter_port,
    uint16_t               forward_limiter_pin,
    bool                   forward_limiter_inversion
);
```

Режим работы по числу шагов устанавливается по умолчанию и не требует дополнительных настроек.

Режим работы по числу импульсов датчика движения требует определения канала запроса прерывания EXTI для подсчета импульсов от датчика движения.

Режим работы по энкодеру требует определения канала запроса прерывания EXTI и порта GPIO для определения направления вращения энкодера. При этом может быть установлен режим инверсии направления вращения энкодера. В режиме инверсии счетчик энкодера инкрементируется при вращении энкодера против часовой стрелки.

Режим работы по энкодеру требует определения двух портов ввода для подключения концевых выключателей. При этом активный уровень сигнала каждого концевого выключателя может быть независимо интегрирован.

Определение функций для установки цели приведено в листинге 6.

Листинг 6

```
// установка целевого числа шагов
// в режиме работы по числу шагов
bool STEPPER_write_target_steps
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    int32_t                 steps
);
#define STEPPER_INFINITY_STEP_FORWARD 2147483647
#define STEPPER_INFINITY_STEP_BACKWARD -2147483648

// установка целевого приращения счетчика импульсов
// в режиме работы по датчику перемещения
bool STEPPER_write_motion_sensor_counter_increment
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    int32_t                 increment
);
```

Окончание листинга 6

```
// установка целевого приращения счетчика энкодера
// в режиме работы по энкодеру
bool STEPPER_write_encoder_counter_increment
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    int32_t                 increment
);

// установка целевого положения
// в режиме работы по относительному положению
bool STEPPER_write_relative_position
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    float                 relative_position
);
```

Определение функций запуска и остановки шагового двигателя приведено в листинге 7.

Листинг 7

```
// калибровка в режиме работы по относительному положению
bool STEPPER_calibrate_relative_position
(
    STEPPER_DeviceContext* context
);

// запуск шагового двигателя
bool STEPPER_run
(
    STEPPER_DeviceContext* context
);

// остановка шагового двигателя
// в том числе отмена калибровки относительного положения
bool STEPPER_stop
(
    STEPPER_DeviceContext* context
);
```

Как и в случае функций для установки цели работы шагового двигателя, дополнительные пояснения здесь не требуются.

Статус шагового двигателя возвращает функция `STEPPER_status()`, определение которой показано в листинге 8.

Листинг 8

```
inline uint16_t STEPPER_status(STEPPER_DeviceContext* context)
{
    return context->flags;
}
```

Функция возвращает статус по отношению к указанному контексту устройства в виде комбинации следующих флагов:

STEPPER_STATUS_PENDING – шаговый двигатель работает;

STEPPER_STATUS_TERMINATED – работа шагового двигателя прервано пользователем / вызвана функция STEPPER_stop();

STEPPER_STATUS_INVALID_CONFIGURATION – работа двигателя не может быть начата ввиду некорректной конфигурации;

STEPPER_STATUS_INVALID_REQUEST – установлены некорректные параметры длительности шага или цели;

STEPPER_STATUS_DO_NOT_CALIBRATED – попытка использовать режим управления по относительному положению без калибровки;

STEPPER_STATUS_FAILURE – обнаружен сигнал аварии;

STEPPER_STATUS_BACKWARD_LIMITER – остановка на прямом ходе по сигналу концевого выключателя;

STEPPER_STATUS_FORWARD_LIMITER – остановка на обратном ходе по сигналу концевого выключателя.

Наконец, определение функций обработки событий таймеров и датчиков показано в листинге 9.

Листинг 9

```
// истечение половины длительности шага
// должна вызываться из HAL_TIM_OC_DelayElapsedCallback()
bool STEPPER_hardware_timer_half_period_callback
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    TIM_HandleTypeDef* htim
);

// истечение длительности шага
// должна вызываться из HAL_TIM_PeriodElapsedCallback()
bool STEPPER_hardware_timer_period_callback
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    TIM_HandleTypeDef* htim
);

// действия на события программных таймеров
// должны вызываться из функций обратного вызова таймеров
void STEPPER_software_timer_half_period_callback
(
    STEPPER_DeviceContext* context
);
void STEPPER_software_timer_period_callback
(
    STEPPER_DeviceContext* context
);
```

```

// шаг энкодера
// должна вызываться из HAL_GPIO_EXTI_Callback()
bool STEPPER_encoder_callback
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    uint16_t                GPIO_Pin
);

// импульс датчика перемещения
// должна вызываться из HAL_GPIO_EXTI_Callback()
bool STEPPER_motion_sensor_callback
(
    STEPPER_DeviceContext* context,
    uint16_t                GPIO_Pin
);

```

Данные функции должны вызываться из обработчиков соответствующих прерываний или из функций обратного вызова программных таймеров, если соответствующие таймеры или датчики используются.

В таблице приведена обобщенная информация по API драйвера. Так как указатель на контекст устройства передается первым аргументом во все функции, он не учитывается в таблице. Возвращаемое значение большинства функций имеет тип `bool`, возвращается `false`, если передан недопустимый набор аргументов, иначе возвращается `true`. Другое возвращаемое значение для отдельных функций оговаривается в примечаниях.

Таблица

Функция	Описание аргументов / <i>Примечание</i>
Функции для установки базовой (обязательной) конфигурации	
STEPPER_set_timers	Указатель на аппаратный таймер (<code>TIM_HandleTypeDef*</code>). Частота тактирования таймера, Гц (<code>uint_32t</code>). Указатель на периодический программный таймер полной длительности шага (<code>osTimerId*</code>). Указатель на неперiodический (one shot) программный таймер половины длительности шага (<code>osTimerId*</code>).
STEPPER_connect	Указатели на порты GPIO (<code>GPIO_TypeDef*</code>) для сигналов разрешения, направления, шага и для входного сигнала аварии. Маска каналов (<code>uint16_t</code>) в соответствующих портах. Режимы инверсии активного уровня (<code>bool</code>).
STEPPER_write_step_duration	Длительность шага, мс (<code>float32</code>)

Функции для установки режима работы	
STEPPER_count_mode	<i>Режим по умолчанию</i>
STEPPER_motion_sensor_mode	Маска линии запроса прерывания EXTI (uint_16t) от датчика движения
STEPPER_encoder_mode	Маска линии запроса прерывания EXTI (uint_16t) от энкодера Указатель на порт GPIO (GPIO_TypeDef*) для входного сигнала направления вращения энкодера. Маска канала (uint16_t) в порте энкодера. Режимы обратного направления счета (bool).
STEPPER_relative_position_mode	Указатели на порты GPIO (GPIO_TypeDef*) входных сигналов концевых выключателей. Маски каналов (uint16_t) в соответствующих портах. Режимы инверсии активного уровня (bool).
Функции для установки цели	
STEPPER_write_target_steps	Требуемое число шагов (int32_t)
STEPPER_write_motion_sensor_counter_increment	Требуемое приращение счетчика импульсов датчика движения (int32_t)
STEPPER_write_encoder_counter_increment	Требуемое приращение счетчика импульсов энкодера (int32_t) – фактически, требуемый угол поворота
STEPPER_write_relative_position	Требуемое относительное положение привода (float32)
Функции запуска и останова шагового двигателя	
STEPPER_calibrate_relative_position	<i>Калибровка (определение крайних положений) для работы по относительному положению.</i>
STEPPER_run	<i>Запуск шагового двигателя с использованием текущих установок.</i>
STEPPER_stop	<i>Остановка шагового двигателя, в том числе отмена калибровки.</i>
Функция проверки статуса	
STEPPER_status	<i>Возвращает комбинацию флагов (см. описание флагов в тексте).</i>
STEPPER_pending	<i>Возвращает true, если двигатель запущен.</i>
Функции обработки событий таймеров и датчиков	
STEPPER_hardware_timer_half_period_callback	<i>Должна вызываться из обработчика прерывания Capture/Compare Interrupt [4] таймера, если используется аппаратный таймер (при использовании STM32 HAL [5] можно использовать функцию HAL_TIM_OC_DelayElapsedCallback).</i>
STEPPER_hardware_timer_period_callback	<i>Должна вызываться из обработчика прерывания Update Interrupt таймера, если используется аппаратный таймер (при использовании STM32 HAL можно использовать функцию HAL_TIM_PeriodElapsedCallback).</i>
STEPPER_software_timer_half_period_callback	<i>Должна вызываться из функции обратного вызова таймера, отмеряющего половину длительности шага, если используются программные таймеры.</i>

STEPPER_software_timer_period_callback	<i>Должна вызываться из функции обратного вызова таймера, отмеряющего длительность шага, если используются программные таймеры.</i>
STEPPER_encoder_callback	<i>Должна вызываться из обработчика прерывания External Interrupt, если используется энкодер (при использовании STM32 HAL можно использовать функцию HAL_GPIO_EXTI_Callback).</i>
STEPPER_motion_sensor_callback	<i>Должна вызываться из обработчика прерывания External Interrupt, если используется датчик движения (при использовании STM32 HAL можно использовать функцию HAL_GPIO_EXTI_Callback).</i>
Другие функции	
STEPPER_set_permanent_enable	<i>Включение постоянного сигнала разрешения работы (bool). Если сигнал разрешения активен, то в отсутствие импульсов шага ротор двигателя будет удерживаться в текущем положении, иначе ротор может свободно вращаться.</i>

Заключение

Предложена реализация универсального драйвера шагового электродвигателя для микроконтроллера. Драйвер формирует на выходах микроконтроллера управляющие сигналы для внешнего блока управления шаговым двигателем и реализует несколько типовых сценариев применения шагового двигателя в системах автоматического регулирования и автоматики. Предложенная версия драйвера оптимизирована с учетом опыта его применения в реальных проектах.

Список литературы

1. Официальный сайт STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>
2. Официальный сайт GigaDevice Semiconductor Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gigadevice.com/>
3. Официальный сайт ООО «Электропривод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electroprivod.ru/>
4. STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx and STM32F107xx [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.st.com/resource/en/reference_manual/rm0008-stm32f101xx-stm32f102xx-stm32f103xx-stm32f105xx-and-stm32f107xx-advanced-armbased-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf
5. Description of STM32F1 HAL and low-layer drivers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.st.com/resource/en/user_manual/um1850-description-of-stm32f1-hal-and-lowlayer-drivers-stmicroelectronics.pdf

MailSig – Валидация почт для №406-ФЗ по NSЗаписям домена

Д. С. Сидоров, email: drupal.doesnot.exists@mail.ru

МКОУ СОШ №1 г. Лиски

***Аннотация.** В данной работе рассматривается механизм валидации электронных почт в соответствии с Федеральным законом от 31.07.2023 № 406-ФЗ при помощи NS TXT записей домена.*

***Ключевые слова:** DNS, Федеральный закон «О связи», Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», домены, электронные почты.*

Введение

С 1 декабря 2023 года вступил в силу Федеральный закон, подписанный ещё в июле, который вносит правки в законы «О связи» и «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [1].

Правки регламентируют способы авторизации на российских сайтах. Условием для использования почты в целях авторизации стало то, что почтовый сервис должен быть российским, то есть либо находиться в собственности гражданина Российской Федерации без гражданства других государств, либо являться российским юридическим лицом.

Но на данный момент никакого единого механизма проверки почт не регламентировано.

1. Решение с единой базой данных

Самым очевидным решением кажется создание единой базы данных и реализация HTTPS API для доступа к этой базе. Но у такого подхода есть несколько проблем.

Любой обладатель домена может организовать почту на своём домене, а не только организация. Это значительно увеличивает количество данных для обновления и хранения в базе данных.

Сервисы таких масштабов трудно и дорого содержать и поддерживать быстрыми из-за высокой нагрузки. Скорость поиска по такой базе будет падать по мере заполнения.

Из-за масштабов такую систему легче взломать, ведь в неё вовлечены больше сотрудников и больше серверов.

Работа с таким сервисом требует дополнительные ресурсы, как минимум на HTTPS запрос.

2. Реализация через NS записи

DNS[2] [3] уже подразумевает распределение между множеством серверов. Кроме того, для запросов поддерживается UDP и может быть выполнен быстрее, чем HTTP или HTTPS запрос. Это решает проблемы потребления ресурсов и чрезмерной централизации.

В случае, если локальный SMTP сервер отправляет письма напрямую на почтовый сервер, указанный в домене, то DNS запрос будет сделан в любом случае и тогда можно применить кэширование через системные службы `dnsmasq` или `nscd`.

В алгоритмах ниже участвуют 3 стороны:

1. Mail – почтовый сервис
2. Principal – сервис, выпускающий электронные токены
3. Identity – сервис, который производит регистрацию

MailSig предполагает использование технологии JWT для подписи доменов[4] [5]. Подпись для домена добавляется через TXT запись с форматированным содержимым. Principal выпускает JWT для принятых заявок от Mail пользователей при помощи закрытого ключа. Открытый ключ распространяется между всеми Identity для валидации JWT.

Каждый JWT содержит в себе как минимум 2 обязательных поля:

- Domain – имя домена, для которого выпущен JWT.
- Exр – UNIX таймштамп окончания срока службы JWT. После наступления *exp* токен инвалидируется.

Под итерацией подразумевается период использования 1 пары ключей. Под токеном итерации подразумевается JWT, подписанный ключом определённой итерации.

Principal размещает текущий публичный ключ на одном неизменном URL в виде статического файла. Так же Principal определяет длительность стандартного цикла обновления: это время в течение которого должно произойти хотя бы 1 обновление ключа у всех Identity.

Ключи обновляются вручную или через периодический запуск скрипта на машине Identity (например через `cron`) в соответствии с длительностью цикла обновления. Скрипт перекачивает файл ключа с серверов Principal.

Principal определяет длительность стандартного периода миграции как некоторое число циклов обновления.

Для плановой замены RSA ключей Principal генерирует новую пару и заменяет старые файлы ключей на новые, включая приватный ключ

для генерации JWT. Открывается период миграции. Все Mail создают повторные заявки и получают JWT новой итерации. Далее Mail заменяют значение TXT записи в домене: старый основной токен устанавливают на второе место, а новый основной на первое. Все Identity обновляют локальные копии открытых ключей вручную или скриптом.

Если нужно экстренно заменить ключи, например при компрометации, используется тот же алгоритм, что и для плановой смены, **но** длительность периода миграции может быть сильно уменьшена.

Для валидации домена нужно получить его TXT запись с токенами. Это можно сделать при помощи NS Lookup и регулярного выражения. Если такой записи нет, домен считается невалидным. После получения токенов нужно совершить проверки:

- Проверить JWS-подпись токена текущей итерации [5];
- Если валидация не прошла успешно и токен предыдущей итерации задан, проверять его, если токен не задан или валидация не удалась, то домен невалиден;
- Проверить, что текущая временная метка меньше *Exp*, иначе домен невалиден;
- Проверить, что *Domain* совпадает с проверяемым доменом, иначе домен невалиден;
- Продолжить регистрацию, домен валиден;

По истечении срока службы токена Mail заполняет новую заявку и проходит стандартный процесс получения токена для домена.

3. MVP на Python и Flask

Чтобы наглядно показать работу и жизнеспособность идеи в целом, измерить примерное время выполнения операций, разработан MVP на Python.

На корневом URL «/» находится Swagger UI. В интерфейсе можно посмотреть и опробовать все доступные действия API: подписать и провалидировать домен.

Исходный код доступен в качестве Github репозитория по ссылке <https://github.com/DrupalDoesNotExist/mailed-mvp>

Вывод

Проведённое исследование показывает, что эффективным методом реализации проверок для нового федерального закона является использование решения через DNS.

Это поможет эффективно обезопасить данные российских пользователей и устранить угрозы, связанные с использованием ненадёжных почтовых сервисов.

Список литературы

1. Федеральный закон от 31.07.2023 № 406-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и федеральный закон «О связи» [Электронный ресурс]: федеральный закон. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307310022>

2. Paul V. Mockapetris RFC 1035: Domain names – implementation and specification [Электронныйресурс]: рабочеепредложение. – Режимдоступа: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1035>

3. Paul V. Mockapetris RFC 882: Domain names – concepts and facilities [Электронныйресурс]: рабочеепредложение. – Режим доступа: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc882>

4. RFC 7519 – JSON Web Token (JWT) [Электронный ресурс]: рабочее предложение. – Режим доступа: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7519>

5. RFC 7515 – JSON Web Signature (JWS) [Электронный ресурс]: рабочее предложение. – Режим доступа: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7515>

Разработка подхода многоступенчатой обработки данных с использованием аспектно-ориентированного программирования

Д. Р. Ступак, email: stupak.d.r@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Создан подход для многоступенчатой обработки данных с использованием аспектно-ориентированного программирования. Реализован пример использования подхода на языке java с spring framework.*

***Ключевые слова:** программирование многоступенчатых бизнес-процессов, аспектно-ориентированное программирование.*

Введение

С внедрением потоков данных в различные рабочие процессы становится все более важным иметь надежные методы обработки. В частности, многоступенчатая обработка информации становится неотъемлемой частью многих систем, предоставляющих вычислительные и аналитические возможности. В данной статье будет рассмотрен подход для реализации многоступенчатой обработки данных с использованием аспектно-ориентированного программирования для бизнес-процессов с последовательным выполнением этапов обработки, не имеющих ветвлений.

Для реализации сложных бизнес-процессов важно, чтобы используемый подход обладал следующими свойствами:

- читабельность – понимание бизнес-процесса без детального изучения реализации этапов обработки [1];
- поддерживаемость – возможность внесения изменений в исходный код без ущерба для существующих этапов [2];
- расширяемость – возможность добавлять новые этапы в реализованный бизнес-процесс;
- наличие контекста обработки события – для хранения дополнительных объектов в ходе обработки события;
- возможность прекращения дальнейшей обработки – остановка обработки события при наступлении определенных условий.

1. Проектирование подхода

Для реализации свойств читабельности, поддерживаемости и расширяемости подход многоступенчатой обработки данных использует паттерны «строитель» и «спецификация».

«Строитель» – порождающий паттерн, позволяющий изменять представление объекта, исходя из нужд пользователя [3].

«Спецификация» – позволяет представлять правила бизнес-логики в виде цепочки объектов, связанных операциями булевой логики [4].

Рассмотренные выше паттерны объединяются следующим образом: паттерн «спецификация» позволяет осуществлять переключение между поставщиками этапов обработки данных с помощью метода and(). Паттерн «строитель» – используется для конструирования бизнес-процесса из этапов, предоставленных поставщиками.

На рис. 1 отображены компоненты, используемые для создания многоступенчатой обработки:

1. MultistageBuilder – компонент, отвечающий за регистрацию существующих поставщиков этапов обработки событий.
2. ProviderAdapter – компонент, позволяющий осуществлять переключение между поставщиками этапов обработки событий в ходе конструирования бизнес-процесса.
3. Provider – поставщик этапов обработки событий. Содержит методы в соответствии с бизнес-процессом.

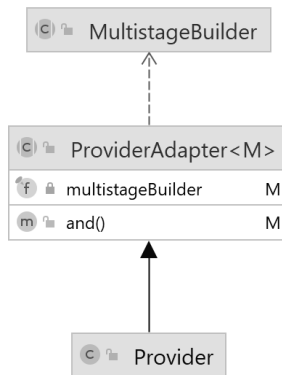


Рис. 1. Подход многоступенчатой обработки данных в нотации UML

2. Использование контекста обработки событий

Для реализации возможности хранения промежуточных состояний объекта в процессе обработки события был создан контекст. Контекст представлен словарем, где ключ – название переменной, а значение – это вычисленное значение переменной. Каждое событие имеет свой контекст обработки. Обращение к значениям контекста происходит с использованием компонента, который хранит названия всех переменных контекста

3. Применение аспектно-ориентированного программирования в многоступенчатой обработке данных

Аспектно-ориентированное программирование (АОП) позволяет выносить общие аспекты функциональности из основного кода приложения, такие как журналирование, транзакционность, безопасность и другие сквозные задачи в отдельные модули, называемые аспектами [5].

АОП предоставляет следующие компоненты:

1. Аспекты (aspect): аспекты в АОП описываются с помощью аннотаций. Они могут содержать советы (advice), точки сопряжения (join points) и срезы (pointcuts).

2. Советы (advice): советы определяют действия, выполняемые в определенных точках программы. Существуют различные виды советов, такие как «before» (выполняется перед выполнением метода), «after» (выполняется после выполнения метода), «around» (оборачивает выполнение метода) и др.

3. Точки сопряжения (join points): точки сопряжения определяют места выполнения программы, в которых советы могут быть применены. Например, это может быть вызов определенного метода или использование аннотации.

4. Срезы (pointcuts): срезы представляют собой выражения, определяющие множество точек сопряжения. Это позволяет определять, на какие именно части приложения будет влиять данный аспект.

Для остановки выполнения бизнес-процесса обработки конкретного события необходимо проверять контекст на наличие системной переменной, отвечающей за остановку процесса обработки. При появлении в контексте флага об остановке обработки, текущий флаг становится приоритетным и не может быть перезаписан флагами из последующих этапов.

Так как проверка наличия флага используется для каждого этапа, то добавление проверок в каждый из этапов приведёт к дублированию кода, поэтому было использовано аспектно-ориентированное программирование.

Каждый метод, представляющий конкретный этап обработки, является аспектом. Для подхода была создана аннотация Guard, которая добавляется к методам, представляющим этапы обработки событий. Дополнительно аннотация содержит следующие параметры: мета-информация об этапе обработки события, требуемые названия переменных для исполнения этапа обработки и названия переменных, которые должны содержаться в контексте после окончания выполнения этапа обработки.

Для определения методов, которые должны обрабатываться советом определяется срез: методы с аннотацией Guard и входным параметром – контекст обработки. Методы будут обработаны советом around – то есть можно обработать контекст до выполнения исходного метода и после выполнения этапа обработки события.

Таким образом, работа с каждым этапом включает проверку наличия необходимых переменных для начала выполнения этапа обработки, проверку на наличие переменных по завершении процесса обработки, проверку на наличие переменной, отвечающей за ручную остановку процесса обработки события. Схема обработки советом этапа представлена на рис. 2.

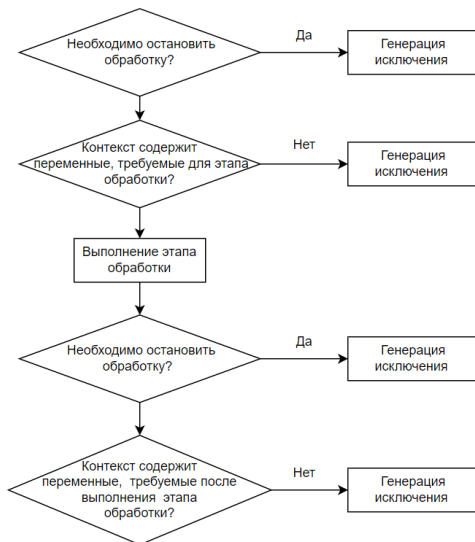


Рис. 2. Обработка советом выполнения этапа бизнес-логики

4. Реализация многоступенчатого подхода

Реализация подхода будет выполнена на языке java с использованием фреймворка Spring, который поддерживает АОП.

Рассмотрим бизнес-процесс по обработке событий из базы данных, который включает следующие этапы обработки моделей:

1. преобразование сущности базы данных в json;
2. валидация содержимого json;
3. передача json поставщику исходя из определителя;
4. преобразование содержимого json в модель;
5. валидация модели;
6. конструирование объекта для отправки во внешнюю систему;
7. отправка объекта во внешнюю систему.

Для решения поставленной задачи нам потребуется два провайдера этапов обработки: поставщик, который специализируется на общих для всех моделей этапах – BaseUtilsProvider, и поставщик, реализация которого зависит от типа объекта – PayloadProvider. SyncProcessBuilder – компонент, содержащий всех поставщиков этапов обработки. ArticlePayloadProvider и StatisticPayloadProvider – поставщики этапов. StopVariable – флаг, сигнализирующий об остановке обработки события. ContextVariable – компонент, содержащий названия всех используемых в контексте переменных. Диаграмма классов представлена на рис. 3.

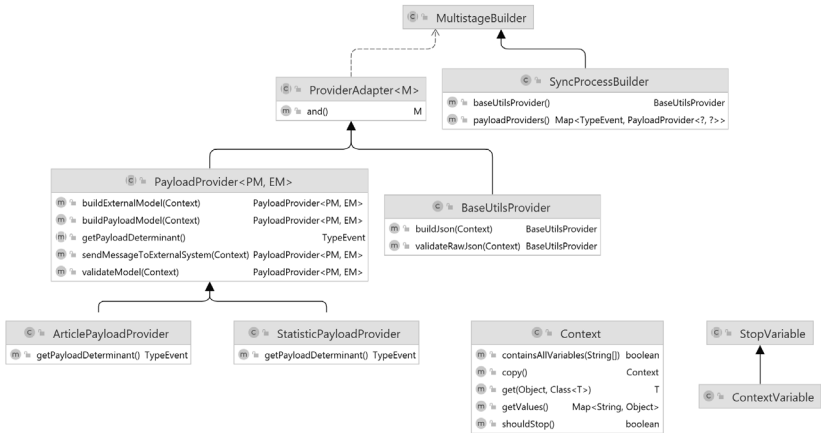


Рис. 3. Диаграмма классов реализации многоступенчатой обработки данных в нотации UML

В листинге представлена реализация бизнес-процесса: формируется контекст для каждого из событий, а далее последовательно вызываются методы поставщиков для создания нужного порядка этапов обработки событий.

Листинг

```
public void sync() {
    List<PayloadEvent> eventsToSync =
    repository.findAllOrderByAddDate();
    for (var event : eventsToSync) {
        Context context = new Context();
        context.getValues().put(ContextVariable.RAW_EVENT,
    event);
        try {
            syncProcessBuilder
                .baseUtilsProvider()
                .buildJson(context)
                .validateRawJson(context)
                .and()
                .payloadProviders()
                .get(context.get(ContextVariable.RAW_JSON,
    MessagePayload.class).getTargetObjectType())
                .buildPayloadModel(context)
                .validateModel(context)
                .buildExternalModel(context)
                .sendMessageToExternalSystem(context);
        } catch (StopProcessGuardException e) {
            logger.error("Stop process guard exception
    occurred", e);
        }
    }
}
```

Для добавления нового этапа обработки необходимо выполнить следующее:

- Определить поставщика, в который будет добавлен новый этап.
- Определить переменные для контекста, с которыми этап будет взаимодействовать в процессе обработки.
- Отметить метод аннотацией Guard: обозначить название этапа, требуемые значения (при наличии) и производимые значения (при наличии).
- Если в методе предусмотрено прекращение дальнейшей обработки события, в контекст нужно добавить флаг о прекращении обработки события.
- Встроить вызов метода в процесс обработки событий.

Заключение

Был реализован подход для многоступенчатого процесса с последовательным выполнением этапов без ветвлений. Для решения проблемы дублирования кода было добавлено использование аспектно-ориентированного программирования. Многоступенчатая обработка позволяет эффективно управлять сложными процессами обработки, делая код читабельным, поддерживаемым и расширяемым. Данный подход позволяет создавать высококачественные системы обработки данных, способные справляться с изменяемыми требованиями к обработке информации в бизнес-процессах.

Список литературы

1. Макконнелл, С. Совершенный код / С. Макконнелл. – М.: Издательство «Русская редакция», 2010. – 896 с.
2. Клеппман, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / М. Клеппман. – СПб.: Питер, 2018. – 640 с.
3. Паттерн «Строитель»: Информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Строитель_\(шаблон_проектирования\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Строитель_(шаблон_проектирования))
4. Паттерн «Спецификация»: Информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Спецификация_\(шаблон_проектирования\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Спецификация_(шаблон_проектирования))
5. Раджпут, Д. Spring. Все паттерны проектирования / Д. Раджпут. – СПб.: Питер, 2019. – 320 с.

Обработка сетевых запросов с помощью Combine в рамках задачи реализации финансового трекера

Д. И. Шмойлов, email: daniil.shmoylove@gmail.com
В. С. Тарасов, email: tarasov.vyacheslav90@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** в данной работе рассматривается использование реактивного фреймворка Combine для обработки сетевых запросов в рамках задачи финансового трекера. Проведен сравнительный анализ реактивного и императивного подходов к обработке сетевых запросов, демонстрируя преимущества реактивного подхода.*

***Ключевые слова:** Combine, Publishers, Subscribers, Operator, Networking, URLSession*

Введение

Реактивное программирование – активно и динамично развивающаяся область технологий, применяющаяся в мобильной разработке. Оно представляет собой парадигму программирования, основанную на потоке данных и распространении изменений. В последние годы реактивное программирование приобрело значительную популярность благодаря своей способности обеспечивать отзывчивый пользовательский интерфейс, управление асинхронными операциями и обработку потоков данных.

В рамках данной работы будет рассмотрена реализация финансового трекера, где особое внимание будет уделено асинхронной обработке сетевых запросов с помощью реактивного фреймворка Combine.

1. Постановка задачи

Задача исследования заключается в сравнении производительности и эффективности реактивного подхода с императивным методом обработки сетевых запросов. В частности, будет проведено сравнение общей отзывчивости, читаемости и поддерживаемости кода, обработок ошибок, повторного использования кода, тестирования при применении реактивного программирования по сравнению с традиционными методами. В ходе исследования также будут выявлены преимущества и ограничения реактивного подхода.

Целью данной работы является создание эффективных сетевых запросов для взаимодействия мобильного приложения с API данных о курсе валют CoinAPI.io.

2. Combine

Combine – это фреймворк, представленный на конференции WWDC в 2018 году, который предоставляет набор инструментов для реактивного программирования в приложениях, разрабатываемых для платформ iOS, macOS, watchOS и tvOS [1].

Combine обеспечивает высокоуровневый подход к обработке данных и способен облегчить работу с асинхронными операциями, такими как сетевые запросы. Он предлагает декларативный способ обработки данных, позволяя разработчикам сосредоточиться на описании того, какие данные им нужны, а не на том, как их получить.

Плюсы.

Combine обеспечивает удобную и эффективную обработку асинхронных потоков данных в реактивной парадигме.

Минусы.

Считается относительно новым инструментом в экосистеме разработки приложений. Имеет ограничения в совместимости с предыдущими версиями операционных систем, что может усложнить процесс адаптации фреймворка в существующих проектах.

1. Publishers и Subscribers

Две ключевые концепции, Publishers (Издатели) и Subscribers (Подписчики), описаны в Swift как протоколы. Publisher – это источник данных (рис. 1), который публикует данные для дальнейшей обработки. Он предоставляет методы для отправки данных и уведомления о завершении или ошибке. Subscriber – это компонент, который принимает данные от Operator и выполняет с ними определенные действия. Subscriber может быть простым обработчиком данных или сложной системой, которая использует полученные данные для отображения или выполнения других операций.

Важно, что принципы взаимодействия Publisher и Subscriber в Combine основаны на принципе наблюдателя (Observer pattern) и реактивном программировании.

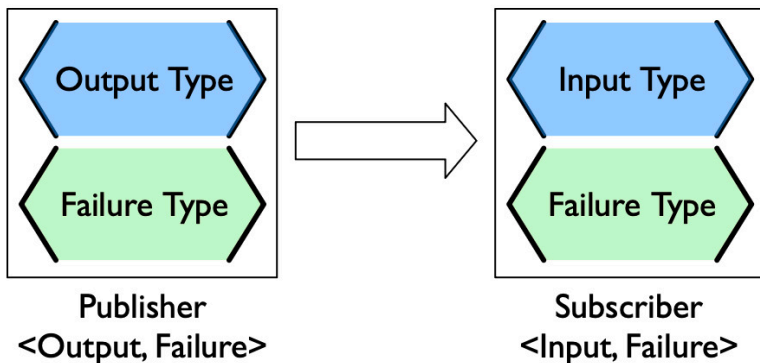


Рис. 1. Издатели и подписчики

2. Operator

Третья ключевая концепция – это оператор (Operator). Оператор – это функция (рис. 2), которая принимает один поток значений (Publisher) и возвращает другой поток значений. Операторы используются для преобразования, комбинирования. Каждый оператор представляет собой отдельный тип данных, который реализует протокол Operator. Операторы могут быть комбинированы в цепочки для выполнения сложных операций над потоками данных [2].

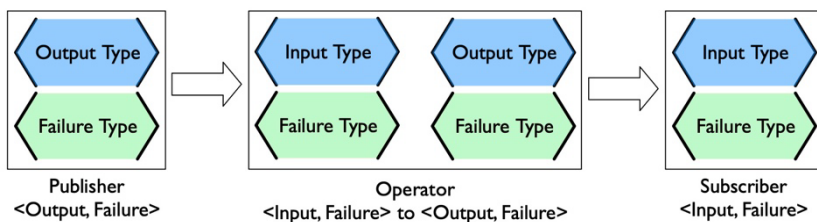


Рис. 2. Последовательность операторов

3. Lifecycle

Жизненный цикл (рис. 3) Publisher и Subscriber описывает взаимодействие между ними в процессе передачи данных. Publisher создается с определенным типом данных и отправляет их Subscriber, который подписывается на Publisher и получает объект Subscription. После подписки Publisher отправляет данные через метод `send(_: Input)` и уведомления о завершении или ошибке через метод `send(completion: ...)`

Subscribers.Completion<Failure>). Subscriber обрабатывает полученные данные с помощью метода `receive(_: Input)` и контролирует поток данных с помощью методов `receive(subscription:)`, `cancel()` и `request(demand:)`. Метод `receive(subscription:)` предоставляет объект `Subscription` для установления связи с `Publisher`, а методы `cancel()` и `request(demand:)` позволяют управлять подпиской и запросами данных от `Publisher`.

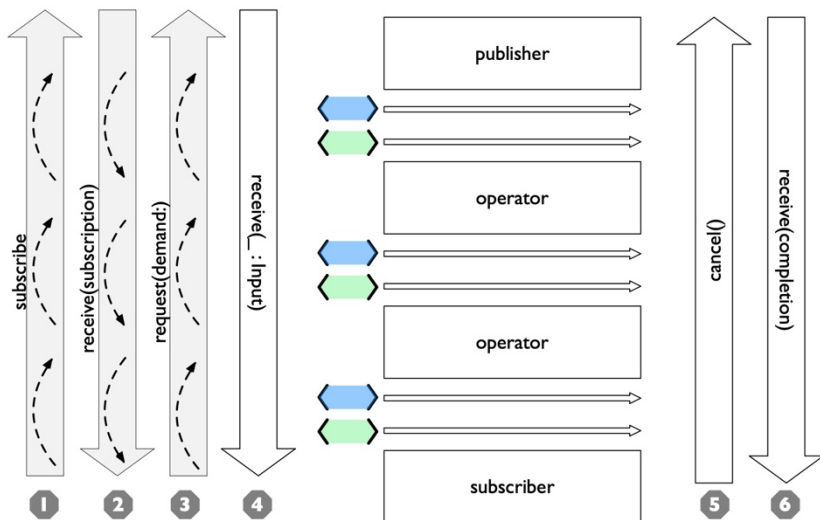


Рис. 3. Жизненный цикл

4. Combine Networking

Принцип работы Combine Networking заключается в следующем:

- Приложение создает асинхронный сетевой запрос с использованием `URLSession` или другого сетевого фреймворка.
- Запрос отправляется на сервер, и приложение начинает ожидать ответ.
- В это время, Combine создает подписку на поток данных, который будет обновляться при получении ответа от сервера.
- Когда ответ приходит, Combine обрабатывает его, преобразовывает в нужный формат и обновляет поток данных.
- Приложение подписывается на этот поток данных и получает уведомления о его изменениях.

3. Обработка сетевых запросов с помощью Combine

Сетевые запросы будут реализованы в рамках задачи финансового трекера. Для этого будут использоваться бесплатные API сервиса CoinAPI.io [3]. Ответ API будет иметь следующую структуру (см. рис. 4)

```
[
  {
    "asset_id": "string",
    "name": "string",
    "type_is_crypto": 0,
    "data_quote_start": "2024-01-18T14:41:47.488Z",
    "data_quote_end": "2024-01-18T14:41:47.488Z",
    "data_orderbook_start": "2024-01-18T14:41:47.488Z",
    "data_orderbook_end": "2024-01-18T14:41:47.488Z",
    "data_trade_start": "2024-01-18T14:41:47.488Z",
    "data_trade_end": "2024-01-18T14:41:47.488Z",
    "data_symbols_count": 0,
    "volume_1hrs_usd": 0,
    "volume_1day_usd": 0,
    "volume_1mth_usd": 0,
    "price_usd": 0,
    "id_icon": "3fa85f64-5717-4562-b3fc-2c963f66afa6",
    "supply_current": 0,
    "supply_total": 0,
    "supply_max": 0,
    "data_start": "string",
    "data_end": "string"
  }
]
```

Рис. 4. Структура ответа

Для решения данной задачи применяется нативный фреймворк URLSession [4], который обеспечивает возможность выполнения сетевых запросов.

Преимущество Combine в данной задаче заключается в том, что сетевые запросы и данные, получаемые с них, обрабатываются через операторы (рис. 5), что позволяет делать описание сетевых запросов очень простым. В данной задаче применяется метод flatMap, decode и catch.

- Метод flatMap используется для объединения результатов в один поток данных.
- Метод decode используется для декодирования полученных данных из формата JSON в объекты Swift.
- Метод catch используется для обработки ошибок, возникающих во время выполнения запросов или декодирования данных.



Рис. 5. Обработка запросов с помощью операторов

- Метод `setFailureType` (рис. 6) позволяет изменить тип ошибки в потоке данных [5]. В `Combine` каждый издатель (`Publisher`) может иметь свой собственный тип ошибки.

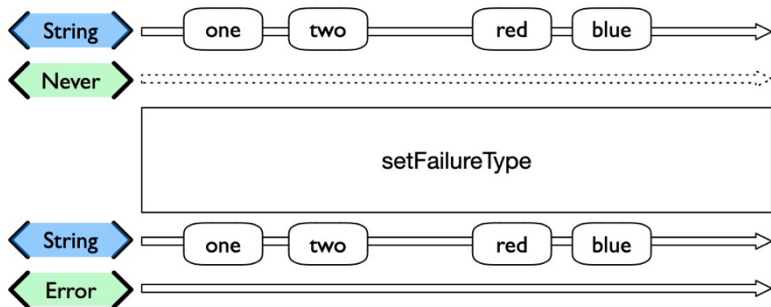


Рис. 6. Установка типа ошибки

4. Сравнение `Combine` с императивным подходом

Ниже в таблице приведены различные критерии оценки, а также выводы по сравнению двух подходов.

Сравнение *Combine* с императивным подходом

Критерии	Combine	Императивный подход
Отзывчивость	Сетевые операции могут быть выполнены асинхронно без блокировки основного потока	Асинхронные операции могут приводить к блокировке основного потока, что может ухудшить отзывчивость приложения
Читаемость и поддерживаемость кода	Код может быть более декларативным и структурированным	Код может быть менее читаемым из-за необходимости явно определять последовательность операций
Обработка ошибок	Предоставляет мощные инструменты для обработки ошибок, такие как операторы	Обработка ошибок может быть более громоздкой и менее структурированной
Повторное использование кода	Можно создавать компоненты, которые легко могут быть переиспользованы	Повторное использование кода может быть менее удобным из-за его более прямолинейной структуры
Тестирование	Обеспечивает возможность создания тестируемых компонентов, что упрощает написание модульных и интеграционных тестов	Тестирование императивного кода может потребовать больше усилий из-за его менее модульной структуры

5. Анализ проделанной работы

Данная работа носит скорее теоретический, ознакомительный характер. Представленную в ней информацию нельзя считать

всеобъемлющей, но её можно использовать в качестве базы для дальнейшего, более глубокого изучения темы обработки сетевых запросов с помощью Combine.

Информация, приведённая в данной работе, скорее всего послужит продолжить исследования в области реактивного программирования, сфокусировав внимание на аспектах сетевых запросов и применении технологии Combine в разработке мобильных приложений.

Заключение

При сравнении Combine и обычного императивного подхода к созданию сетевых операций, можно отметить, что использование Combine обеспечивает более отзывчивое приложение, более читаемый и поддерживаемый код, удобную обработку ошибок, лучшую возможность повторного использования кода, упрощенное тестирование и более естественную реактивность.

Полученные в ходе работы знания помогут лучше понимать, как выбор между Swift Combine и императивным подходом может повлиять на различные аспекты разработки сетевых запросов в приложении. Это позволит разработчикам принимать информированные решения о том, какой подход лучше подходит для конкретного проекта.

Список литературы

1. Using Combine – heckj.github.io [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://heckj.github.io/swiftui-notes/#reference-datataaskpublisher>
2. Combine | Customize handling of asynchronous events by combining event-processing operators. – apple developer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation/combine>
3. CoinAPI Documentation – CoinAPI.io [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.coinapi.io>
4. URLSession Tutorial: Getting Started – kodeco [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kodeco.com/3244963-urlsession-tutorial-getting-started>
5. Changing a Publisher's Failure Type with SetFailureType – cocoacasts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cocoacasts.com/combine-essentials-changing-a-publisher-failure-type-with-setfailuretype>

Секция 2
Компьютерное
моделирование в
фундаментальных и
прикладных
исследованиях

Исследование эффективности LSTM нейронных сетей для прогнозирования занятости канальных ресурсов на основе данных карты радиосреды когнитивной системы связи

Е. Р. Адамовский, email: e.adamovsky@psu.by

Р. П. Богуш, email: r.bogush@psu.by

В. М. Чертков, email: v.chertkov@psu.by

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой

Аннотация. Аннотация. В данной работе рассматривается задача прогнозирования занятости канальных ресурсов на основе данных карты радиосреды когнитивной системы связи на базе LTE. Для этого исследуется эффективность применения ряда моделей рекуррентной нейронной сети LSTM (long short-term memory), включая классическую, автоэнкодер, разреженный автоэнкодер, сверточную и разверточную последовательности. Представлено описание технологии формирования набора данных на основе модели когнитивной системы связи для тренировки и тестирования нейронных сетей. Приведены результаты экспериментов по оценке точности прогнозирования занятости канальных ресурсов моделями LSTM.

Ключевые слова: когнитивное радио, прогнозирование, рекуррентная нейронная сеть

Введение

Технология динамического доступа к спектру (dynamic spectrum access, DSA) является эффективным подходом при решении проблемы дефицита частотного ресурса [1] и на практике реализуется в системе когнитивного радио (Cognitive Radio, CR) [2]. CR определяют как радиоустройство, способное воспринимать информацию из окружающей среды, включая частоту передачи, полосу пропускания, мощность, модуляцию сигнала и др., и изменять параметры передатчика в зависимости от полученных данных. Это позволяет вторичным пользователям (secondary users, SU) CR выбирать лучшие из доступных каналов передачи, координировать совместный доступ и своевременно освобождать ресурсы при обнаружении в них признаков занятости лицензированными абонентами (первичными пользователями, primary users, PU) [3]. Поэтому для успешной реализации технологии CR требуется не только анализ существующих данных, но и прогнозирование занятости канальных ресурсов [4].

1. Формирование набора данных на основе модели карты радиосреды когнитивной системы связи

Для обучения искусственной нейронной сети (ИНС) и тестирования точности прогнозирования занятости канальных ресурсов предлагается использовать имитационную модель когнитивной системы связи на базе LTE [5], которая воспроизводит на двухмерном дискретном пространстве (сетке) взаимодействие ее участников: абонентов и базовых станций (base station, BS), а также содержит объекты, выполняющие роль когнитивных устройств SU. Достоинством данной модели является возможность генерации опорного файла расписания пользователей для восстановления структуры REM при последующей обработке данных.

Структура отдельного файла модели размером сетки $N \times M$, шириной полосы, соответствующей L линиям ресурсных блоков (resource block, RB) в частотной области (каждая линия содержит 20 слотов на кадр), представлена в табл. 1.

Таблица 1

Структура выходного файла имитационной модели

Поле	Размер и тип данных	Описание	Назначение
rem	$[N \times M]$ cell по $[L \times 20]$ bool	Сетка REM	Подготовка данных для обучения модели
frame	uint	Номер кадра LTE	
predict	$[L \times 20]$ bool	Результат прогнозирования для определенной ячейки (определенного RB в линии)	Тестирование прогнозирующей модели
check	bool	Флаг наличия данных (выполненного предсказания) в поле Predict	

Получение данных для обучения и тестирования нейронных сетей при прогнозировании занятости канальных ресурсов может быть выполнено на основе следующих шагов:

1. Чтение выходных файлов имитационной модели и их распаковка в предварительную структуру, представленную в табл. 2.

Таблица 2

Предварительная структура данных

Поле	Размер и тип данных	Описание
status	[20] bool	Статусы занятости слотов на выбранной линии
line	uint	Номер линии RB
sample	uint	Номер отсчета от начала суток
numday	uint	Абсолютный номер дня от начала генерации модели

2. Чтение опорного файла week.mat расписания пользователей, который содержит таблицу соответствия абсолютного номера дня от начала генерации его параметрам: день недели, тип дня, номер недели. Вычисление массивов входных и выходных данных для прогнозирующей модели, состав которых представлен в табл. 3. Входные данные рассчитываются на основе полей line, sample, numday и содержания week.mat, а выходные соответствуют полю status (см. табл. 2).

Таблица 3

Структура данных для обучения прогнозирующей модели

Входные данные					Выходные данные
день недели	тип дня (рабочий, выходной)	номер недели месяца	номер отсчета за сутки	номер линии RB	статусы слотов линии RB

1. Комбинирование данных, разделение на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки и запись их в файлы.

Имитационная модель системы связи LTE, на основе которой были сформированы обучающие данные, генерировала выходные файлы с периодом 8640 секунд в течение моделируемых суток для периода 12 месяцев. Общий размер полученных данных составил 178 464 значения, из них определены 142771 для тренировочной последовательности, и 35693 элемента для тестовой последовательности.

2. Обучение прогнозирующих моделей LSTM

Для данной задачи была выбрана архитектура LSTM, которая является разновидностью рекуррентных нейронных сетей (recurrent neural networks, RNN) и хорошо подходит для классификации и

прогнозирования временных рядов при большом количестве входных данных с долгосрочными зависимостями.

Структура слоя LSTM и составляющих его LSTM-блоков показана на рис. 1 и включает: входной вентиль (input gate, i), забывающий вентиль (forget gate, f), ячейка-кандидат (cell candidate, g) выходной вентиль (output gate, o). Каждый слой имеет T входов x_t и выходов y_t , h_t – скрытое состояние (hidden state), а c_t – состояние ячейки.

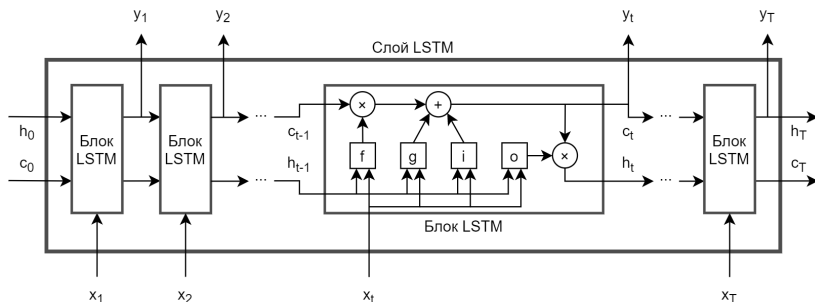


Рис. 1. Структура слоя LSTM

В качестве фреймворка для создания и обучения ИНС был использован модуль keras на языке программирования Python (ver 3.10).

С целью подбора наибольшей точности LSTM-слоев было выбрано два управляющих параметра: число слоев S и соотношение количества нейронов в них $P = \{p_1, p_2, \dots, p_S\}$, при этом конкретные значения P подбирались так, чтобы количество обучаемых параметров ИНС при одном и том же значении S оставалось одинаковым. Таким способом возможно определить, какая конфигурация наиболее эффективна для данных описанного формата.

Критерий оценки прогнозирующей модели – среднеквадратичная ошибка (mean squared error, MSE), оптимизатор – адаптивная оценка момента (adaptive moment estimation, Adam). Количество эпох по результатам предварительных экспериментов было ограничено значением 30, а после каждого LSTM-слоя включался Dropout-слой, который определяет долю исключенных из него нейронов для минимизации вероятности переобучения ИНС (определено 10%).

Среди конфигураций проверены следующие варианты:

1. стандартная $p_1 = p_2 = \dots = p_{S-1} = p_S$;
2. автоэнкодер $p_1 > p_2 > \dots > p_{S-1} < p_S$;

3. разреженный автоэнкодер $p_1 < p_2 < \dots > p_{S-1} > p_S$;
4. сверточная последовательность $p_1 > p_2 > \dots > p_{S-1} > p_S$;
5. разверточная последовательность $p_1 < p_2 < \dots < p_{S-1} < p_S$.

Список конфигураций и параметров приведен в табл. 4 (показаны данные для значения $S = 4$, подобранного экспериментальным путем, как наиболее оптимального для текущих данных).

Таблица 4

Управляющие параметры и конфигурации

Конфигурация	Размеры слоев	MSE
Стандартная	{270, 270, 270, 270}	0.015
Автоэнкодер	{375, 185, 185, 375}	0.015
разреженный автоэнкодер	{205, 320, 320, 205}	0.035
сверточная последовательность	{410, 310, 200, 100}	0.039
разверточная последовательность	{100, 200, 310, 410}	0.034

Результаты обучения прогнозирующей модели показаны на рис. 2.

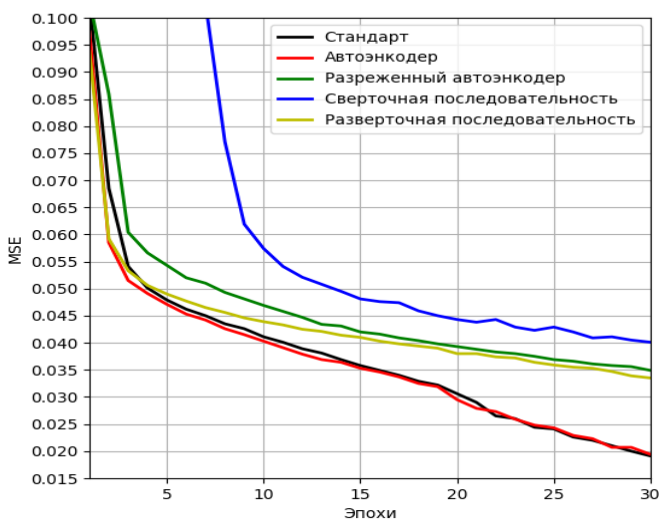


Рис. 1. График потерь для различных моделей LSTM

Анализ рис. 2 показывает, что наилучшей конфигурацией слоев для данной задачи является классическая полносвязная LSTM-сеть или

LSTM-автоэнкодер, которые демонстрируют практически идентичные кривые обучения при равном количестве тренировочных параметров.

Заключение

В работе рассмотрена задача прогнозирования состояния радиосреды LTE для возможности ее эффективного использования вторичными пользователями. Задача решается путем генерации выходных данных имитационной модели системы связи и обучения на их основе прогнозирующей ИНС.

Для прогнозирующей модели была выбрана LSTM-архитектура и произведено сравнение различных конфигураций слоев для конкретных выходных данных имитационной модели, в результате чего сделано заключение, что конфигурация ИНС с равным числом нейронов на каждом слое наиболее эффективно способна обучаться на данных представленного формата. Наиболее эффективными моделями из рассмотренных для прогнозирования занятости канальных ресурсов на основе данных REM когнитивной системы связи на базе LTE являются классическая полносвязная LSTM-сеть или LSTM-автоэнкодер.

Список литературы

1. Pandit, S. An overview of spectrum sharing techniques in cognitive radio communication system / S. Pandit, G. Singh // *Wireless Networks*. – 2017. – Т. 23.
2. Косичкина, Т. П. Когнитивные сверхширокополосные радиосистемы как метод повышение эффективности использования радиочастотного спектра / Т. П. Косичкина [и др.] // *T-Comm: Телекоммуникации и транспорт*. – 2015. – Т. 9, № 12. – С. 37–43.
3. Beibei, W. Advances in Cognitive Radio Networks: A Survey / W. Beibei, K. J. Ray Liu // *IEEE Journal of selected topics in signal processing*. – 2011. – V. 5, № 1. – P. 5–23.
4. Iqbal, M. Efficient Prediction of Network Traffic for Real-Time Applications / M. Iqbal // *Journal of Computer Networks and Communications*. – 2019. – P. 1–11.
5. Adamovskiy, Y. R. Constructing Radio Environment Map Model for a Cognitive Communication System Based on LTE / Y. R. Adamovskiy, R. P. Bohush, V. M. Chertkov // *Digital Technologies in Education, Science and Industry (DTESI 2022)*. – 2022.

Анализ возможности использования цифрового двойника и глубоких нейронных сетей для поддержки принятия решения при диагностике сердечно-сосудистой системы

О. Х. Я. Аль-Хамами, email: omer_h_yahya@ntu.edu.iq^{1,2}
В.В Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru²

¹ Северный технический университет, Мосул, Ирак

² Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

***Аннотация.** Одним из самых серьезных заболеваний является болезнь сердца. Эта проблема затрагивает значительный процент населения мира. Если изучить уровень смертности и огромное количество людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, становится ясно, насколько важно раннее выявление сердечно-сосудистых заболеваний. Чтобы решить эти проблемы, ученые недавно начали создавать алгоритмы и методы оценки диагностики заболеваний, используя возможности и интерпретируемость искусственного интеллекта и нейронных сетей. В результате искусственный интеллект широко используется в диагностике и играет важную роль в сфере здравоохранения для открытия знаний и классификации заболеваний, таких как болезни сердца. Эта работа представляет собой краткий анализ использования нейронных сетей в различных методах, таких как метод цифровых двойников и глубокая нейронная сеть, которые недавно были представлены для помощи в диагностике сердечно-сосудистой системы.*

***Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система заболевание, искусственный интеллект, цифровой двойник, нейронная сеть, принятия, сверточный слой.*

Введение

Поскольку многие признаки и симптомы неясны и могут быть диагностированы только квалифицированными медицинскими работниками, это обычно представляет собой трудную задачу.

Из-за того, что многие признаки и симптомы неясны и могут быть диагностированы только квалифицированными медицинскими работниками, это обычно непростое. Исследователи по всему миру были заинтересованы в разработке моделей и алгоритмов, которые могли бы помочь в выявлении заболеваний. Искусственный интеллект широко

использовался в области медицины при создании алгоритмов и методов оценки для повышения точности диагностики заболеваний. Некоторые исследователи сосредотачиваются на определенных областях и своих взглядах на важность каждого метода, а также на доступности информации и возможности выполнить задание наилучшим образом. Некоторые из них занимаются разработкой новых методов, помогающих в диагностике заболеваний, независимо от их стоимости, необходимых материалов или перспективы широкого использования. Другие исследователи, с другой стороны, сосредоточены на разработке и внедрении моделей более гибким статистическим способом.

Самыми последними в настоящее время методами искусственного интеллекта, имеющими особые характеристики, являются технологии глубокого обучения и технологии цифровых двойников.

В некоторых отраслях, например в производстве, использование искусственного интеллекта помогает сократить затраты и время. Использовал искусственный интеллект для мониторинга сердечно-сосудистой системы и прогнозирования терапии конкретных проблем с использованием различного медицинского оборудования для оптимального лечения. Тем не менее, по-прежнему необходимы дополнительные исследования и улучшения, которые будут использоваться в здравоохранении. [1]. В этой работе анализируется использование техники цифровых двойников и нашей методики глубокого обучения в диагностике сердечно-сосудистой системы.

1. Анализ технологии цифрового двойника, используемой для поддержки принятия решения при мониторинге сердечно-сосудистой системы

Цифровые аналоги сердечно-сосудистой системы – программные аналоги, моделирующие поведение системы кровообращения в реальном времени и в будущем под влиянием возмущающих, задающих воздействий и изменяющихся условий внешней среды. один для систем поддержки принятия медицинских решений (DSS) при диагностике и терапии сердечных больных. Что касается использования цифрового двойника, в следующем разделе анализируется предложенный метод [2]. Авторами предложен метод цифрового двойника сердечно-сосудистой системы для систем поддержки медицинских решений (СППР) при диагностике и терапии кардиологических больных с учетом процессов регуляции для удовлетворения требований персонализированного подхода и обеспечения оптимизации состояние кардиологического больного. Разработанная модель зависит от динамических характеристик, таких как объем крови, давление в сердце и сосудах, кровотоков камер кровеносной системы человека, а также статистических

данных. А перед расчетом модели проводится процесс индивидуализации и идентификации модели (значения параметров системы кровообращения определяются отдельно для каждого пациента) [3]. Затем они используют интерактивную среду Simulink на языке программирования MATLAB в качестве аппаратного обеспечения для моделирования мониторинга сердечно-сосудистой системы. Это два столпа цифрового двойника (рис. 1) – обзорная диаграмма, показывающая основной компонент [4]. Где (а) представляет часть процесса принятия решения, а (b) представляет собой компонент, который использовался для реализации части моделирования (информация от других медицинских устройств, а также других датчиков, подключенных к частям тела). Используемые параметры получают необходимые значения.

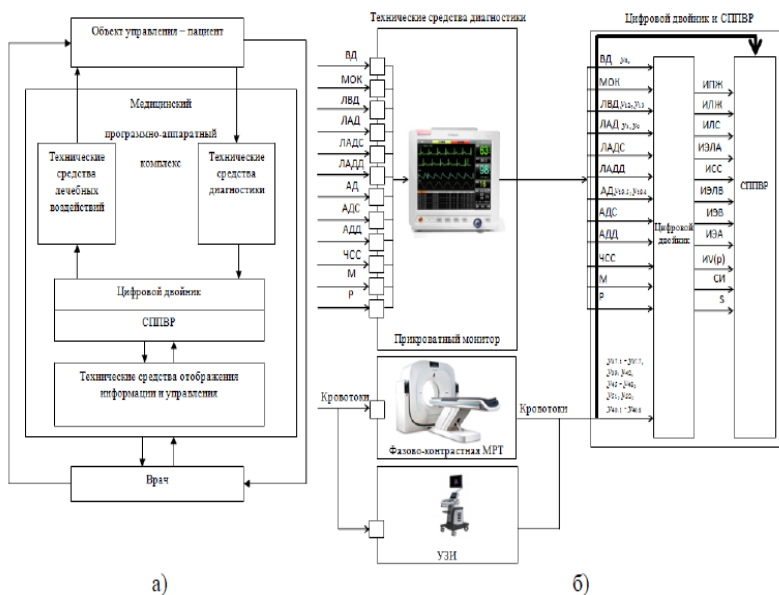


Рис. 1. Компоненты цифрового двойника

Объекты управления (сердце, сосуды, объем циркулирующей крови) контролируются во время (отделы нервной системы головного и спинного мозга). Объект управления состоит из двух уровней регулирования: верхний уровень регулирования формирует задающие воздействия (давление, кровоток) для нижнего уровня регулирования. На нижнем уровне формируются управляющие воздействия на сердце,

сосуды и эндокринную систему; в использовании нейросетевого управления при моделировании процесса регуляции сердечно-сосудистой системы.

В ходе работы авторы использовали математическую модель сердечно-сосудистой системы человека как многосвязного объекта с наличием обратной связи, учитывающей регуляторные процессы, пульсацию сердца, элементы нервной и эндокринной систем. Далее разработан градиентный нейросетевой алгоритм управления многосвязным нелинейным, нестационарным, стохастическим объектом для моделирования процесса регуляции сердечно-сосудистой системы.

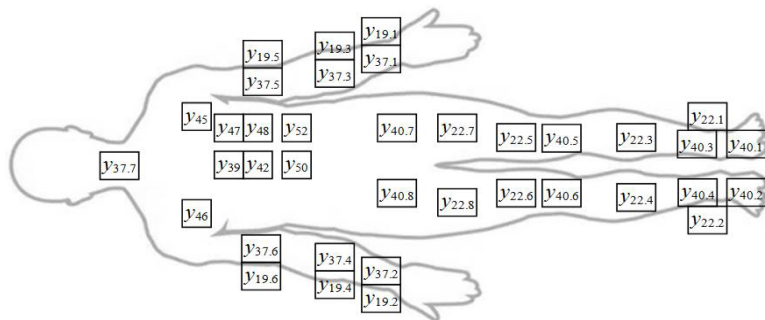


Рис. 2. Схема точек приложения для неинвазивного измерения функций состояния сердечно-сосудистой системы

Решены задачи идентификации и валидации цифрового двойника сердечно-сосудистой системы с учетом регуляции. Для проведения идентификации и валидации цифрового двойника сердечно-сосудистой системы с учетом регуляции определена схема точек приложения неинвазивных измерений функций состояния сердечно-сосудистой системы (рис. 2).

Аппаратура для идентификации представлена не инвазивными диагностическими средствами для измерения давления (пневматические манжеты), для измерения кровотока (фазоконтрастная магнитно-резонансная ангиография, 4D-проточная магнитно-резонансная томография, двухмерная и доплеровская эхокардиография). Элементы «у» представляют собой различные виды не инвазивных датчиков, которые должны быть подключены к телу.

Использование цифрового двойника для оптимальных вариантов терапии требует механистического понимания, которое связывает все уровни, от генетических и молекулярных следов до патофизиологии и окружающей среды пациента [5]. Заключается в разработке

медицинского программно-аппаратного комплекса для палат интенсивной терапии, включающего технические средства диагностики показателей сердечно-сосудистой системы. цифровой двойник пациента с учетом регуляции, что позволяет врачу оказать помощь в прогнозировании состояния пациента и корректировке лечения путем оптимального выбора терапевтического воздействия, в том числе терапии в виде комплекса препаратов соответствующей группы действия.

2. Анализ возможностей метода глубоких нейронных сетей, используемого в поддержке принятия решения при мониторинге сердечно-сосудистой системы (предлагаемый метод)

Глубокие нейронные сети (DNN) — это более поздние методы нейронных сетей, которые используют несколько слоев для извлечения информации как более высокого, так и более низкого уровня из входных данных (например, изображений, категориальных значений, сигналов, числовых значений). Некоторые из наиболее известных архитектур DL включают сверточные нейронные сети (CNN), обучение с подкреплением и рекуррентные нейронные сети (RNN) [6].

Электрокардиограмма является наиболее часто используемым инструментом для диагностики различных типов аритмии (ЭКГ). Исследователи уделяют пристальное внимание анализу ЭКГ, чтобы точно и эффективно диагностировать аритмию и критические состояния сердца. Традиционная диагностика предполагает запись ЭКГ у постели больного и присутствие врача для анализа и диагностики состояния. Однако такие методы требуют времени, и в наиболее тяжелых кардиологических случаях время имеет решающее значение для диагностики такого состояния [7]. В системах мониторинга для анализа и классификации ЭКГ используется множество процессов [8]. Для подходов глубокого обучения эти процессы можно разделить на три этапа: сбор данных, предварительная обработка, извлечение признаков и классификация. В настоящем исследовании предлагается один из таких подходов [9].

Предложенные методы исследовали использование сигнала ЭКГ для выявления и классификации сердечно-сосудистых аритмий с использованием различного количества отведений. Некоторые методы ориентированы на использование одного или двух отведений для снижения стоимости и повышения доступности, в то время как другие методы в значительной степени основаны на использовании большего количества отведений для получения более качественной информации и создания более надежной модели обнаружения и классификации, которую можно использовать более эффективно в сроки постановки диагноза и

повышают эффективность принятия решения кардиологом. В большинстве современных методов, дающих результаты с высокой точностью, использовались хорошо известные и широко аннотированные базы данных, такие как MIT-BIH, Long-Term Atrial Fibrillation из базы данных PhysioNet [10, 11]. Фактически, такие методы будут менее адаптированы для использования с несколькими базами данных, и обучение таким методом с использованием баз данных с низким уровнем аннотаций является сложной задачей. По этим причинам в предлагаемой нами работе мы использовали базу данных больницы Ифа, содержащую некоторые аннотации об отклонениях, отмеченных четырьмя кардиологами. Для решения этих проблем мы использовали специальные методы. Наша модель классифицирует несколько аритмий, особенно бигеминию и тригеминию. Причина использования этих типов нейронных сетей заключается в том, что классификатор в сетях CNN обладает высокой точностью, адаптируемостью и менее сложен, чем в других сетях.

В этой работе мы стремимся выявить сердечно-сосудистые аритмии, особенно бигеминию (ANZA) и тригеминию (ANZB), чтобы поддержать принятие решений в процессе диагностики. Модель основана на сверточной модели (CNN) и обучена на сигналах ЭКГ с нотированным набором данных. Исходный набор данных предназначен для решения задачи выявления аритмий бигеминии. Полученные в ходе холтеровского мониторинга устройства были подключены к нескольким пациентам примерно на 24 часа. Набор данных состоит из семнадцати пронумерованных записей с ежедневными данными ЭКГ, в которых эпизоды бигеминии встречаются в значительном количестве. На рисунке 3 представлена схема предложенного метода.

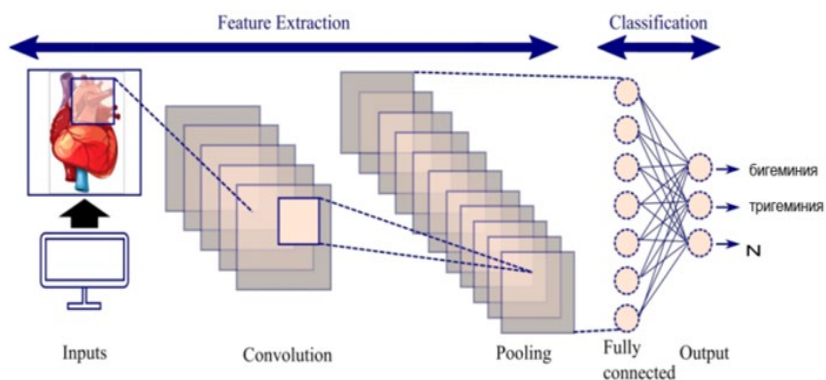


Рис. 3. Схема предложенного метода

На рисунке обозначено: ввод (input), извлечение признаков (features

extraction), классификация (classification). Входные данные представляют собой сигнал Холтера ЭКГ, который поступает в сверточную сеть (содержащую несколько слоев) для процесса извлечения признаков, обучающего классификатор распознаванию этих признаков.

Для реализации работы мы использовали язык программирования Python для построения 11 сверточных слоев (CNN-). Коэффициент отсева 0,2 был применен к слоям 8 и 10 для улучшения генерализации признаков. Были использованы размеры пакетов 0-20 эпох. После ввода сигналов к слоям свертки в каждом случае, затем после слоев свертки применялось максимальное объединение для извлечения оптимальных признаков для классификации. Используя 80 % исходной базы данных для обучения и 20 % для проверки. Чтобы повысить точность модели, был использован метод окрестностей. использовался для поиска дополнительных функций (аннотаций) из исходных сигналов для устранения утечки аннотаций. Рассматривалась задержка сигнала, а затем реконструкция сигнала для получения новых аннотаций.

Заключение

В результате использование цифровых двойников и глубоких нейронных сетей для систем поддержки принятия медицинских решений (DSS) при диагностике сердечно-сосудистой системы зависит от многих факторов в процессе использования модели. Следующие пункты иллюстрируют характеристики каждого метода.

Технология цифрового двойника:

- методика представляет собой динамическую модель, предоставляющую данные о сердечно-сосудистой системе в режиме реального времени;

- это фокусируется на мониторинге сердечно-сосудистой системы и прогнозировании лечения некоторых состояний;

- подходит для крупных специализированных кардиологических больниц и палат интенсивной терапии из-за необходимого оборудования, которое не всегда имеется в наличии, например, для измерения давления: пневматические манжеты, для измерения кровотока: фазово-контрастная магнитно-резонансная ангиография, 4D-проточная магнитно-резонансная томография, двумерная и доплеровская эхокардиография;

- нужны специалисты, умеющие соединить всю модель, содержащую определенное положение для каждого не инвазивного диагностического инструмента;

- может использоваться для кратковременного мониторинга благодаря множеству неинвазивных диагностических инструментов по всему телу;

- точность модели-реле по разнообразным измерениям показателей состояния системы кровообращения (объемы, давление и потоки крови);

- модель использует пятьдесят два параметра, и любой дефект в одном из этих параметров повлияет на весь результат модели, что может вызвать путаницу во время диагностики.

Достоинства предлагаемой технологии:

- является моделью, позволяющей сформировать классификацию аритмий сердечно-сосудистой системы, в зависимости от сигнала ЭКГ;

- основное внимание уделяется мониторингу аритмий сердечно-сосудистой системы;

- не требует дорогостоящего специального оборудования, что обеспечивает применение в учреждениях различного назначения и масштаба, т.е. не только в кардиологических центрах, но и в больницах и отделениях интенсивной терапии;

- не требуются специалисты высокой квалификации или имеющие специальную подготовку;

- может использоваться для кратковременного и длительного мониторинга состояния человека;

- точность модели определяется только набором обучающих данных;

- возможность оперативной модификации модели;

- наличие сигналов ЭКГ делает модель полезной для принятия решения по широкому набору сердечно-сосудистых диагнозов.

Использование современных методов зависит от баз компьютерной помощи, которые в последние годы широко используются в сфере здравоохранения. некоторые из этих методов — цифровой двойник и глубокие нейронные сети. Метод цифровых двойников использует разработанные программные модели в зависимости от динамических характеристик для измерения многих показателей, таких как объем крови, кровеносных сосудов, давление во многих частях тела, кровотоков в камерах кровеносной системы человека, а также статистические данные, а также использование интерактивной среды Simulation в качестве аппаратного обеспечения для моделирования мониторинга сердечно-сосудистой системы.

В то время как глубокая нейронная сеть использует анализ ЭКГ для точной и эффективной диагностики аритмии и критических состояний сердца во время сверточных слоев нейронной сети. Воспользовавшись

преимуществами высокой точности классификации в глубоких нейронных сетях, а также возможностью реализации модели с низкой стоимостью, можно широко использовать.

Список литературы

1. Паланиаппан, Р. Подход с использованием цифровых двойников для углубленной классификации пациентов с гепатитом, фиброзом и циррозом печени / Р. Паланиаппан, С. Сусендран // Физический журнал : серия конференций. – Том. 2335. – № 1. Издательство ИОП, 2022.

2. Двухконтурная модель регуляции сердечно-сосудистой системы / А. А. Коробов, С. В. Фролов, Н. Е. Алиев, И. Е. Родионова // Физический журнал : Серия конференций. – 1553:012006 (2020).

3. Модель сердечно-сосудистой системы с регуляцией на основе нейронной сети / А. А. Коробов, С. В. Фролов, Д. Ш. Газизова, А. Ю. Потлов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – №2. – С. 79-94.

4. Коробов А. А. Структура программно-аппаратного комплекса для диагностики системы кровообращения / А. А. Коробов, К. С. Савинова, С. В. Фролов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития: тезисы докладов Пятой Всероссийской молодежной научной конференции. Под ред. Д. Ю. Муромцева и др.; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ». – 2020. – С. 231-232.

5. Мартинес-Веласкес, Р. Кардио-двойник: цифровой двойник человеческого сердца, работающий на грани / Р. Мартинес-Веласкес, Р. Гамес, А. Эль Саддик // Международный симпозиум IEEE по медицинским измерениям и приложениям (MeMeA). – IEEE, 2019. – С. 1-6.

6. Ахсан, М. М. Диагностика заболеваний сердца на основе машинного обучения: систематический обзор литературы. Искусственный интеллект в медицине / М. М. Ахсан, З. Сиддик // – 2022. – С. 102289.

7. Плечавска-Войчик, М. Трехклассовая классификация когнитивной нагрузки, основанная на спектральных данных ЭЭГ / М. Плечавска-Войчик, М. Токоваров, М. Качоровска, Д. Запала // – Applied Sciences. – Vol. 9. – нет. 24. – 2019. – С. 5340.

8. Ахсан, А. А. Диагностика сердечно-сосудистых заболеваний на основе машинного обучения: систематический обзор литературы. Искусственный интеллект в медицине / М. М. Ахсан, З. Сиддик // – п. 102289, 2022.

9. Автоматизированный метод распознавания аритмий с использованием времени, частоты и нелинейных характеристик

сигналов электрокардиограммы / С. Хаджеб-Мохаммадалипур, М. Ахмади, Р. Шахгадами, К. Х. Чон // – Sensors. – Vol. 18. – нет. 7. – 2018. – С. 2090.

10. Мяо, Дж. Х. Кардиотокографическая диагностика здоровья плода на основе предсказаний многоклассовых морфологических моделей с использованием классификации глубокого обучения / Дж. Х. Мяо, К. Х. Мяо // Международный журнал передовых компьютерных наук и приложений. – Том. 9. – нет. 5. – 2018.

11. Обнаружение и диагностика хронической болезни почек с использованием гетерогенной модифицированной искусственной нейронной сети на основе глубокого обучения / Ф. Ма, Т. Сунь, Л. Лю, Х. Цзин // Компьютерные системы будущего поколения. – Том. 111. – 2020. – С. 17-26.

Использование ГИС-технологий для региональной медико-географической оценки экологических рисков

И. Н. Андриянова, irina.slepцова.86@mail.ru¹
В.П. Закусилов, email: zakusilov04@yandex.ru²

¹ Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина

² Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина

***Аннотация.** В статье рассматриваются научно-методические подходы к проведению региональной медико-географической оценке экологических рисков с применением ГИС-технологий.*

***Ключевые слова:** экологические риски, окружающая среда, здоровье населения, ГИС-технологии, медико-экологическая ситуация, уровень загрязнения.*

Введение

К основным аспектам системы медико-географической оценки относится применение экологических и популяционных критериев для характеристики здоровья населения, а также различные маркерные признаки воздействия окружающей среды на состояние живых организмов. В современных условиях к категории первоочередных отнесены проблемы количественной оценки негативного влияния на здоровье населения медико-экологических ситуаций. Поэтому особое значение придается показателю экологический риск, который фактически отражает связи между природой, хозяйством и здоровьем населения [3]. Его использование позволяет оценить опасность для здоровья населения.

На наш взгляд «фундаментом» медико-географической оценки экологических рисков для региона являются данные, полученные во время непрерывных и систематических исследований, которые содержат результаты со стационарных и передвижных станций о загрязнении окружающей среды: воздушной, водной, почвенного покрова и др.

1. Система медико-географической оценки экологических рисков

В настоящее время с учетом развития научно-технического прогресса наиболее эффективным способом анализа полученных результатов о состоянии окружающей среды является автоматизация этапов картографического метода.

Этим критериям соответствуют современные геоинформационно-аналитические технологии на основе географических информационных систем (ГИС), среди которых можно выделить программы ArcGIS, MapInfo Professional. Использование геоинформационно-аналитических технологий с целью контролирования агропромышленного влияния на окружающую среду требует разработки системы медико-географической оценки для условий конкретной территории региона [4].

При проведении исследований необходимо понимать, что любой отдельно взятый регион обладает собственными специфическими особенностями, формирующими состояние окружающей среды региона и соответственно уровень здоровья местного населения.

Геоэкологические исследования, выполняемые в конкретных условиях, основываются на выявлении приоритетных проблем, оказывающих воздействие на качественные и количественные показатели состояния окружающей среды. Так на первом месте среди критериев выделяют загрязнение атмосферного воздуха, который характеризуется высокой вариабельностью в условиях города и отражает уровень воздействия на здоровья местного населения [1].

Таким образом, существующие на сегодняшний день системы медико-географической оценки экологических рисков регионов на основе геоинформационно-аналитических технологий должны включать в свою структуру подсистемы, содержащие экологические, геохимические, медицинские и географические данные и соответственно программное обеспечение, которое построено на оценке экологических рисков [5].

С нашей точки зрения система оценки экологических рисков медико-географических аспектов должна основываться на сведениях, которые получены на четырех уровнях генерализации данных (рис. 1).

Обработка данных по оценке экологических рисков с целью определения уровня здоровья населения выполняется с использованием отечественной программы ГИС «Аксиома», которая является аналогом программы MapBasic и позволяет эффективно работать с картографической информацией. Данное программное обеспечение системы медико-географической оценки экологических рисков реализует расчеты на основании действующего нормативно-правового документа Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» [6] по содержанию количества химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

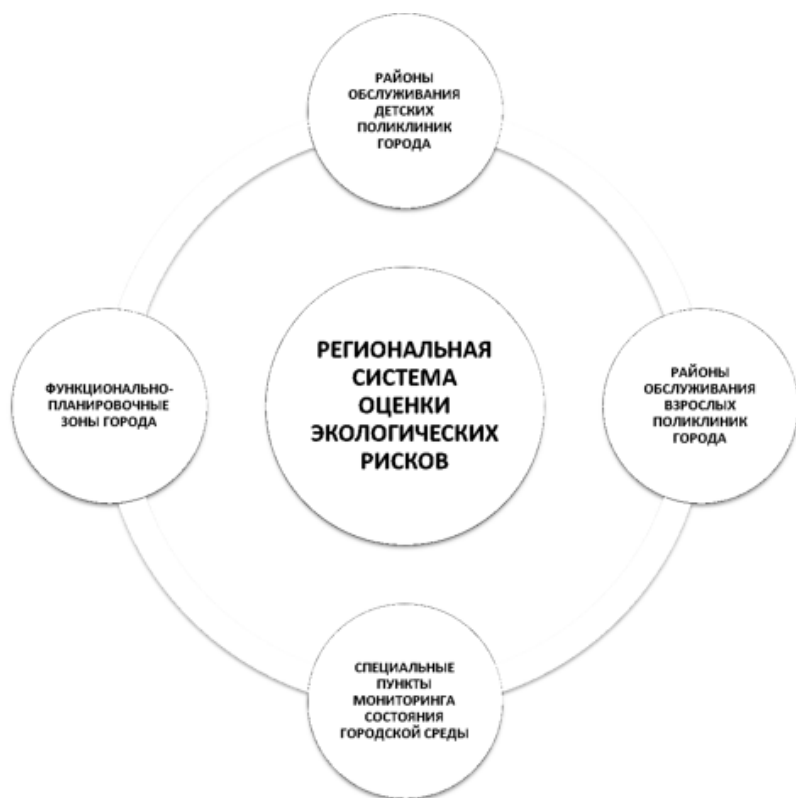


Рис. 1. Уровни генерализации данных в системе медико-географической оценки экологических рисков

В связи с большим объемом данных для выполнения медико-географической оценки экологических рисков первоначальные данные для расчетов уровня загрязнения окружающей среды предоставляются региональными природоохранными и мониторинговыми службами региона. Для удобства на рисунке 2 представлена структура наиболее распространенной программы на основе геоинформационно-аналитических технологий, объединяющих решение задач аналитических информационных, и управленческих в единое целое.



Рис. 2. Система медико-экологической оценки экологически рисков на основе ГИС

Одним из элементов проведения мониторинга загрязнения окружающей среды является анализ существующих реестров промышленных и автотранспортных объектов.

2. Анализ реестров промышленных и автотранспортных объектов

Данная процедура выполняется пошагово на основе определенной методики по оценке опасности воздействия источников аэротехногенного загрязнения. На первом этапе выполняют определение потенциальной опасности промышленных объектов, путем расчета индекса опасности выбросов химических соединений в окружающую среду, подразделяющийся на четыре категории в зависимости от класса опасности загрязняющего вещества [2].

Выполняется расчет средневзвешенного индекса экологической опасности промышленного объекта с использованием коэффициентов опасности и категории загрязняющих веществ по формуле:

$$N_{прм} = \left(\frac{C_1}{N_1 \times ПДК_{C_1}} + \frac{C_2}{N_2 \times ПДК_{C_2}} + \dots + \frac{C_n}{N_n \times ПДК_{C_n}} \right) \times \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

где: $C_1, C_2 \dots C_n$ – концентрация загрязняющих веществ 1, 2... n в среднем за год; $ПДК_{C_1}, ПДК_{C_2} \dots ПДК_{C_n}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ $C_1, C_2 \dots C_n$; $N_1, N_2 \dots N_n$ – коэффициент для загрязняющих веществ 1, 2, 3, 4-го классов опасности и соответствует: 1, 1,5, 2, 4; P – процент повторяемости штилей в среднем за год, %; P_0 – соответствует 12,5 %.

На втором этапе рассчитывается индекс опасности загрязнения канцерогенными веществами окружающей среды. При этом к канцерогенным веществам относятся химические соединения, объединенные согласно [6] в группы. Расчеты выполняются по формуле:

$$N_{CR} = \frac{3B_{CR}}{3B_{\Sigma}} \times 100 \quad (2)$$

где: N_{CR} – индекс опасности выбросов канцерогенных веществ; $3B_{CR}$ – сумма выбросов веществ с определенным процентом канцерогенного эффекта (берется из [6]); $3B_{\Sigma}$ – количество общих выбросов загрязняющих веществ; 100 – коэффициент перерасчета в проценты).

На следующем этапе выполняется расчет индекса опасности от автотранспортных объектов. Для этого определяется категория каждой улицы региона в зависимости от уровня и интенсивности движения автотранспорта. Затем определяем индекс потенциальной опасности выбросов согласно справочникам или картам с разметкой улиц и объемом выбросов загрязняющих веществ. Индекс опасности от автотранспортных объектов рассчитывается по формуле:

$$N_{аттн} = N_{лжк} + N_{спз} + N_{авт} \quad (3)$$

где: $N_{аттн}$ – суммарный индекс опасности от автотранспорта; $N_{лжк}$ – индекс опасности от легкового автотранспорта, зависящий от ранга передвижения его по магистралям региона; $N_{спз}$ – индекс опасности от грузового автотранспорта; $N_{авт}$ – индекс опасности от автобусов.

В ходе проведения медико-географической оценки экологических рисков в конкретных условиях необходимо рассчитать суммарный индекс экологической нагрузки промышленно-транспортных объектов (N_{Σ}) на окружающую среду региона с точки зрения оценки весомости всех рассмотренных выше показателей не зависимо от вида источника загрязнения (стационарный или передвижной). Определение суммарного индекса экологической нагрузки выполняется с использованием следующей формулы:

$$N_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (N_{\text{прм}} + N_{\text{CR}} + N_{\text{атм}})_i \quad (4)$$

где: $i \dots n$ – объем промышленных площадок, городских площадок в пределах одной промышленной единицы.

На заключительном этапе проведения медико-географической оценки экологических рисков формируют цифровые карты опасности распределения загрязнения на среду региона. Карты выполняются с использованием пространственной интерпретации данных методом изолиний индексов опасности промышленных и автотранспортных объектов. Для этого проводится расчет площади загрязнения химическими веществами и интенсивности передвижения автомобильного транспорта по улицам агропромышленного региона.

3. Оценка экологических рисков

Цифровые карты для оценки экологических рисков формируются в программе ГИС «Аксиома» с использованием методов интерполяции данных. Для удобства построение цифровых карт в программе ГИС «Аксиома» должно основываться на точечных данных, которые независимы и расположены на расстоянии друг от друга. Проводя медико-географическую оценку экологических рисков необходимо сформировать зоны техногенного воздействия загрязняющих веществ по следующим критериям (рис. 3).

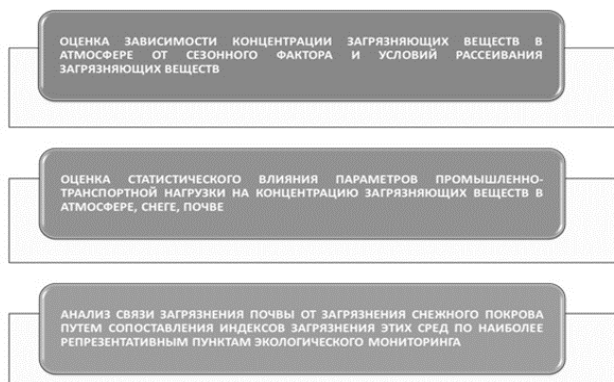


Рис. 3. Критерии формирования зон техногенного воздействия загрязняющих веществ в агропромышленном регионе

В современном мире максимальный уровень загрязнения приходится на атмосферный воздух и почвенный покров, при этом

отмечается положительная корреляционная взаимосвязь между показателями аэрогенного и почвенного загрязнения.

Известно преимущество положительных корреляционных связей между ростом заболеваемости местного населения и средой проживания, соседствующей с промышленными предприятиями. К приоритетным факторам экологического риска в этом случае относят индекс эмиссии выбросов канцерогенов и индекс загрязненности автомагистралей. В районах вблизи промышленных предприятий с выбросами опасных канцерогенных веществ и крупных автомагистралей максимально проявляются заболевания, связанные с аномальным развитием новообразований различной этиологии, эндокринные болезни, заболевания мочеполовой системы. Так, согласно статистическим данным, уровень заболеваемости в промышленных районах превышает почти в два раза заболеваемость местного населения в рекреационных районах [2].

В рамках проведения медико-географической оценки заболеваемости местного населения от выбросов загрязняющих веществ в промышленных районах города необходимо выполнять интегральную оценку показателей экологического состояния районов. Для этой цели применяются метод взвешенных баллов и кластерный анализ.

Метод взвешенных баллов позволяет объединить множество экологических показателей для выделения одного ведущего фактора. В данном случае таковым является заболеваемость местного населения. Используя индексы взвешивания, полученные на основе корреляционной взаимосвязи экологических рисков с ведущим фактором (заболеваемостью населения), выявляются добавочные коэффициенты значимости исследуемых признаков. В результате расчета образуется единый балл, который определяется расчетом средневзвешенного балла и соответственно он и будет характеризовать интенсивность заболеваемости местного населения от загрязняющих и канцерогенных веществ, которые попадают и накапливаются в окружающей среде. При использовании данного метода по свойственным признакам загрязнения присваивается определенный ранг медико-экологической напряженности [5]. Так в близлежащих районах к промышленной зоне ранг медико-экологической напряженности будет максимальный и наоборот, в частном секторе, он значительно ниже.

Основу кластерного метода составляет классификация городских районов по признаку проявления факторов агропромышленного загрязнения окружающей среды по биотическим и медико-экологическим показателям. При использовании кластерного метода районы городов с агропромышленным производством можно разделить

на четыре зоны, которые различаются по диагностическим критериям: условно чистая зона; зона умеренного риска – территория типичной городской инфраструктуры смешанного типа по функционально-планировочной организации; зоны повышенного риска – техногенно-загрязненные, различающиеся по сочетанию факторов промышленно-транспортного загрязнения и ответным реакциям биоты и населения.

На завершающем этапе интегральной оценки загрязнения окружающей среды формируются цифровые карты, с нанесением градиентных значений индексов экологических рисков с обработкой данных по наиболее репрезентативному признаку мониторинга окружающей среды района. Полученная цифровая карта является иллюстрацией территориального различия зон городской среды в зависимости от уровня индексов экологических рисков в различных зонах города.

Заключение

Таким образом, обобщая представленную информацию необходимо отметить, что при проведении региональной медико-географической оценки экологических рисков целесообразно использование современных геоинформационно-аналитических технологий. Поэтому на сегодняшний день является одним из приоритетных направлений разработка методики такого использования для поступательного развития регионов.

Список литературы

1. Иванов, В.П. Научно-методологические основы оценки риска для здоровья населения при комплексном эколого-гигиеническом исследовании территорий / В.П. Иванов, О.В. Васильева, А.В. Полоников // Экология человека. – 2012. – Т. 19. – № 11. – С. 11-19. Doi: 10.17816/humeco17407.
2. Иосифов, В.В. Регулирование негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду с помощью стандартов моторного топлива (на примере Краснодарского края) / В.В. Иосифов, С.С. Диброва, И.И. Подворок // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – №39 (324). – С. 48-60.
3. Кащенко, Н.А. Оценка экологических рисков в крупных промышленных центрах. Оценка и управление природными рисками / Н.А. Кащенко // мат. Всерос. конф. «Риск – 2003». – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2003. – С. 96-100.
4. Куролап, С.А. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов // Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2015. – 235 с.

5. Геоинформационное обеспечение региональной системы медико-экологического мониторинга. Геоинформационное обеспечение региональной системы медико-экологического мониторинга / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов, В.А. Гриценко // Балтийский регион. – 2016. – № 4. – С. 149-161.

6. Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания».

Простая лагранжева модель распространения частиц примеси в атмосфере

Д. Д. Ахмедов, email: a.dilshot@mail.ru
М. Ш. Убайдуллаев, П. А. Насруллаев

Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и
искусственного интеллекта

***Аннотация.** Моделирование сложных динамических процессов массопереноса в атмосфере уже многие годы является полем деятельности исследователей по всему миру. Математические модели зачастую являются наиболее оптимальным средством выявления новых закономерностей в процессах распространения загрязняющих примесей в атмосфере. К числу наиболее широко распространенных транспортных моделей относятся основанные на лагранжевом подходе к описанию движения частиц в турбулентном потоке. В данной работе представлены результаты разработки упрощенной лагранжевой модели и алгоритма решения задачи распространения частиц, выбрасываемых стационарным точечным источником с учетом влияния эффектов гравитационного осаждения, радиоактивного распада и рельефа местности. Компьютерная реализация модели обеспечивает возможность оценки пространственного распределения концентрации взвешенных и осажденных частиц за заданное время, позволяет изучать различные сценарии влияния выбросов вредной примеси на окружающую среду.*

***Ключевые слова:** перенос и диффузия частиц, турбулентный поток, концентрация примеси, экологическое состояние атмосферного воздуха, программное средство.*

Введение

Атмосфера Земли имеет важнейшее значение в биогеохимических циклах, развивающихся на протяжении всей истории планеты, наравне с водой и солнечной энергией. Загрязнение «воздушного океана» является насущной экологической проблемой мирового масштаба [1]. Процесс распространения загрязняющих примесей в атмосфере, особенно в пограничном слое, где свойства и динамика движения воздушной массы значительно определяются взаимодействием с подстилающей земной поверхностью, представляет собой сложное многофакторное явление.

Это обусловлено, в том числе характером атмосферной циркуляции и особенностями химической трансформации газов и аэрозолей [2].

Тем самым, для наиболее точного описания процесса распространения примесей в атмосфере требуется разработка сложной, детализированной модели, учитывающей целый ряд сопутствующих эффектов [3, 4]: перенос, диффузия, осаждение, трансформация, поглощение загрязнителей, а также их изменчивость по времени и пространству, например, вследствие суточной и сезонной неоднородности погодно-климатических условий, стабильности атмосферы, особенностей рельефа и т.д.

Разработка математических моделей процессов переноса и диффузии загрязняющих примесей основывается на предположениях и ограничениях, соответствующих физической природе этих процессов и основным законам сохранения. Эти модели должны удовлетворять требованиям точности для решения конкретных практических задач.

В данной области научных исследований, к настоящему времени уже достигнуты значительные результаты теоретического и прикладного характера [5]. Стоит отметить, что отсутствие универсальной физико-математической модели, охватывающей все возможные факторы и возмущения, действующие на исследуемый процесс, приводит к образованию множества различных подходов к моделированию. Выбор конкретного подхода зависит от поставленной задачи, требований к точности и общему качеству математической модели [6].

Одним из наиболее распространенных подходов к моделированию рассматриваемых процессов выступает семейство «лагранжевых» моделей, под которыми подразумевается широкий круг моделей численного прогнозирования процесса распространения примеси в атмосфере. В данной разновидности транспортных моделей используется система координат, движущаяся вместе с потоком воздушной массы. Координаты частиц рассматриваются как функции времени их начальных координат, а скорости частиц – как производные от координат и времени. Суть лагранжевых моделей состоит в описании траекторий множества частиц примеси, выбрасываемых источником загрязнения в атмосферу и дрейфующих под действием детерминированных (скорость ветра, физико-механические свойства частиц) и стохастических (турбулентность) эффектов [7, 8].

К достоинствам лагранжевых моделей относятся отсутствие проблемы подстечного турбулентного замыкания, характерных, например, для эйлеровых моделей; возможности учета нестационарности процесса распространения примесей в атмосфере, динамических изменений метеоусловий и их пространственной

неоднородности (в том числе условия штиля), сложного характера орографии местности, химической трансформации загрязняющих веществ и разновидностей источников загрязнения. Также несомненным преимуществом является то, что лагранжевы модели и их гибридные модификации хорошо подходят для описания дальнего переноса – до 1500 км.

Что касается недостатков, присущих лагранжевым моделям, то имеются два основных: первый – не гарантируется выполнение закона сохранения; второй – численные схемы данного метода оказываются устойчивыми только при использовании искусственной вязкости. Кроме того, несмотря на простоту базового принципа, заложенного в лагранжевых моделях, их практическая компьютерная реализация часто оказывается крайне нетривиальной задачей [9].

В целом, лагранжевые модели предоставляют собой достаточно эффективный инструмент моделирования процессов распространения примесей и их взаимодействия с окружающей средой. С учетом сказанного, целью данной работы является разработка упрощенной модели процессов переноса и диффузии частиц загрязняющей примеси, выбрасываемой одиночным точечным источником. В текущей реализации модель учитывает эффект рельефа местности, плавучести и гравитационного осаждения частиц, а также радиоактивного распада частиц.

1. Постановка задачи

Положение частицы в пространства на каждом временном шаге задается трехмерным вектором:

$$\mathbf{X}(t) = [x_i(t), y_i(t), z_i(t)], \quad (1)$$

где i – индекс частиц, $i = \overline{1, N}$; t – время (с) в диапазоне изменения $[0, T]$; x, y, z – координаты частиц в декартовой системе координат, $x, y, z \in \Omega$.

Изменяющееся по пространству поле ветра представляет собой вектор:

$$\mathbf{U}(x, y, z) = [u(x, y, z), v(x, y, z), w(x, y, z)], \quad (2)$$

где u, v, w – компоненты скорости ветра в направлениях x, y, z соответственно.

Процесс переноса (адвекции) моделируется уравнением, описывающем обновление положения частиц в зависимости от локальной скорости ветра:

$$\mathbf{X}_i(t + \Delta t) = \mathbf{X}_i(t) + \mathbf{U}(\mathbf{X}_i(t)) \cdot \Delta t. \quad (3)$$

Положение каждой частицы на очередном временном шаге $(t + \Delta t)$ определяется путем добавления произведения локальной скорости ветра и шага по времени $\mathbf{U}(\mathbf{X}_i(t)) \cdot \Delta t$ к текущей позиций $\mathbf{X}_i(t)$. Такое приближение является довольно примитивным, что может вносить существенные погрешности для больших временных шагов или в случаях с быстро меняющимися полями ветра.

Процесс турбулентной диффузии по времени выражается путем добавления к текущему положению частицы случайного смещения:

$$\mathbf{X}_i(t + \Delta t) = \mathbf{X}_i(t + \Delta t) + \eta_i. \quad (4)$$

Предполагается, что каждая частица подвергается случайному смещению η_i в любом из направлений x, y, z . В нашем случае, для упрощения расчетов, случайные смещения выбираются из нормального распределения со средним значением 0 и стандартным отклонением $\sqrt{2D\Delta t}$, где D – коэффициент диффузии.

Одиночный точечный источник выброса в рамках данной модели представляет собой способ с помощью, которого определенное количество частиц примеси с заданной интенсивностью попадает в расчетную область: $N = Q \cdot \Delta t$, где N – количество частиц, а Q – мощность источника. Сам источник выброса частиц S располагается в некоторой точке (x_s, y_s, z_s) внутри области Ω . При $t = 0$ имеет место $\mathbf{X}_i(t_0) = (x_s, y_s, z_s)$ для $i = 1, 2, \dots, N$.

Эффект рельефа выражается функцией $h(x, y)$, которая определяет высоту любой точки на горизонтальной подстилающей поверхности. На каждом шаге по времени Δt для каждой i -й частицы, расположенной в точке пространства (x_i, y_i, z_i) , выполняется проверка на предмет ее нахождения ниже подстилающей поверхности $z_i < h(x_i, y_i)$. После обнаружения столкновения можно применить несколько типов реагирования: «поглощение», «отражение с демпфированием», «скольжение по поверхности». В нашем случае применяется «отражение» частиц, то есть

$$\mathbf{X}_i(t + \Delta t) = \mathbf{X}_i(t) - 2 \cdot h(x_i, y_i) - z_i. \quad (5)$$

Добавление эффектов «сухого» гравитационного осаждения и радиоактивного распада к модели предполагает включение

дополнительных механизмов, которые влияют на поведение частиц с течением времени.

Эффект осаждения может быть представлен следующим образом

$$\frac{dN}{dt} = -w_g N, \quad (6)$$

где w_g – скорость осаждения частиц, обычно зависящая от их физико-механических свойств. В нашем случае вычисляется по известной формуле Стокса [10].

На каждом шаге по времени Δt количество частиц, осевших частиц можно определить из следующего выражения: $N_{set} = w_g \cdot N \cdot \Delta t$.

Стохастический процесс радиоактивного распада, при котором нестабильные изотопы трансформируются в другие изотопы или состояния, обычно описывается периодом его полураспада. Закон радиоактивного распада задается в виде следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N, \quad (7)$$

где λ – постоянная распада. На каждом шаге по времени Δt ожидаемое количество распавшихся частиц равно: $N_{rad} = \lambda \cdot N \cdot \Delta t$. Подмножество распавшихся радиоактивных частиц определяем на основе вероятности распада каждой из них $P(X_{desay}) = \lambda \cdot \Delta t$, где $X_{desay} = \{x \in R : 0 \leq x \leq 1\}$.

2. Метод решения

Алгоритм решения задачи (1)-(7) состоит из нижеследующих основных процедур.

1) Инициализация основных параметров процесса.

Ввод размеров области решения задачи по пространству L_x, L_y, L_z и времени расчета T , а также разрешения сеточной области и шага по времени $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta t$. Ввод количества частиц N , координат $S(x_s, y_s, z_s)$ и мощности источника выброса Q , коэффициента турбулентной диффузии D , а также инициализация массивов для хранения положений частиц и отслеживания активного состояния частиц.

2) Генерирование ветрового поля.

В программной реализации для создания простого, пространственно изменяющегося поля ветра предусмотрена функция «generate_wind_field()», принимающая в качестве аргументов размеры

области L_x, L_y, L_z . Функция возвращает трехмерный массив значений u, v, w для каждой точки пространственной сетки внутри расчетной области Ω .

Отметим, что при необходимости использования реальных метеорологических параметров, как правило – почасовых данных метеонаблюдений, массив $\mathbf{U} = [u, v, w]$ для каждого шага Δt необходимо формировать заранее, например в виде табличных файлов.

3) Генерирование рельефа подстилающей поверхности.

Программная реализация алгоритма предусматривает функцию «generate_terrain()», принимающая в качестве аргументов размеры подстилающей поверхности в границах рассматриваемой области L_x, L_y и максимально допустимую высоту возвышенностей. Функция возвращает три массива значений X, Y, Z , описывающих геометрию рельефа, где X, Y – это сетка поверхности с размером ячеек $\Delta x, \Delta y$, а $Z = f(X, Y)$ – функция высоты.

Чтобы оперировать при расчетах точной топографической информацией, массивы X, Y, Z можно сформировать данными радарной топографической съемки земной поверхности SRTM, распространяемых, например в виде растров DEM с разрешением 90 м (3 угловые секунды) на пиксел.

4) Выполнение расчета.

Запуск основного цикла по времени от $t = 0$ до $t = T$. На каждой итерации цикла Δt выполняются следующие действия:

- определение количества новых частиц, которые должны быть выброшены в окружающую среду, согласно мощности источника – Q ;

- инициализация позиций новых частиц в точке выброса (x_s, y_s, z_s) и присвоение им статуса активных;

- проверка высоты точки расположения активных частицы с тем, чтобы частицы оставались над подстилающей поверхностью ландшафта или на ней $z_i < h(x_i, y_i)$;

- для каждой активной частицы, определение локальной скорости ветра $\mathbf{U}(\mathbf{X}_i(t))$ в точке ее расположения $\mathbf{X}_i(t)$;

- обновление положения частицы $\mathbf{X}_i(t)$ на основе уравнения адвекции (3);

- обновление положения частицы $\mathbf{X}_i(t)$ на основе уравнения турбулентной диффузии (4);

- применение эффекта осаждения частиц (6) и установленного граничного условия на подстилающей поверхности, например, отражение или поглощение. В последнем случае частицы удаляются из процедуры моделирования;

- применение эффекта радиоактивного распада (7), то есть случайным образом определить, является ли частица радиоактивной и распадается ли она. Исходя из константы распада, соответствующее количество частиц удаляются из процедуры моделирования.

- обновление счетчиков взвешенных, осевших, радиоактивных и разложившихся частиц.

5) Оценка экологической нагрузки.

При необходимости выполняется расчет осредненной концентрации частиц $\theta(x, y, z, t)$ в заданной точке области Ω за время $[0, T]$.

3. Результаты вычислительных экспериментов

Рассмотренные в предыдущих параграфах математическая модель и алгоритм были реализованы в виде программного средства для проведения вычислительных экспериментов. Эксперименты проводились при следующих значениях параметров процесса (рис. 1-7): $L_x = 10, L_y = 10, L_z = 10$; $\Delta x = 0,1, \Delta y = 0,1, \Delta z = 0,1$; $N = 500$; $T = 1800$; $\Delta t = 0,1$; $Q = 5$ частиц / Δt ; $D = 0,05$; $w_g = 0,01$; $\lambda = 0,001$; $u(x, y, z) = 0, v(x, y, z) = 0, w(x, y, z) = 0$ при $t = 0$; $\theta_0(x, y, z, 0) = 0$.

$t=300, u=0.09, v=0.07, w=0.0, w_g=0.01, D=0.05$

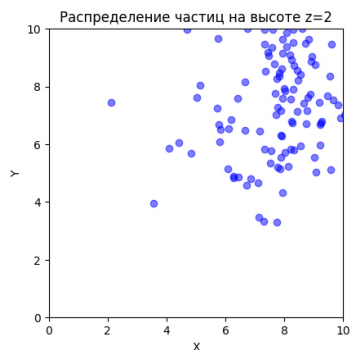
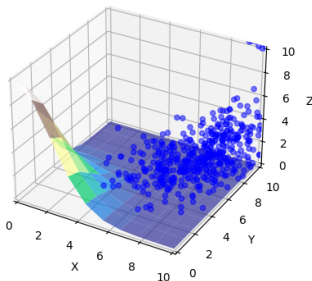


Рис. 1. Распределение частиц на высоте источника при $t = 300$

$t=600, u=0.07, v=0.08, w=0.0, w_g=0.01, D=0.05$

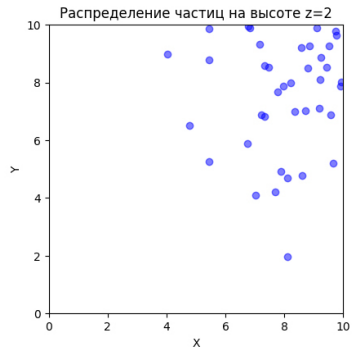
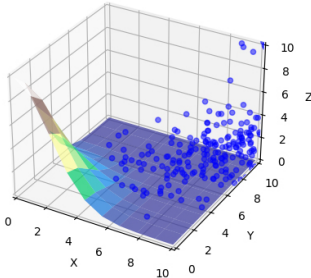


Рис. 2. Распределение частиц на высоте источника при $t = 600$

$t=300, u=0.0, v=0.0, w=0.0, w_g=0.01, D=0.05$

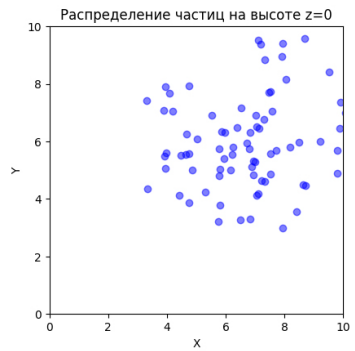
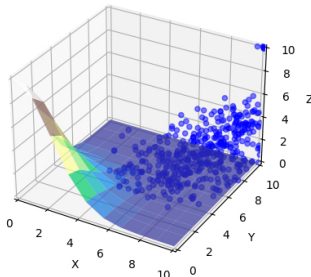


Рис. 3. Распределение осевших частиц при $t = 300$

$t=600, u=0.06, v=0.0, w=0.0, w_g=0.01, D=0.05$

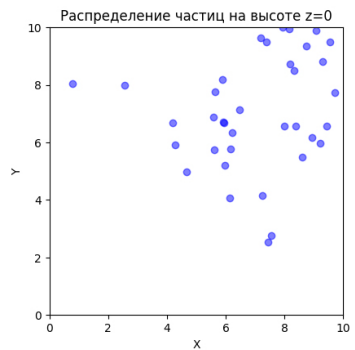
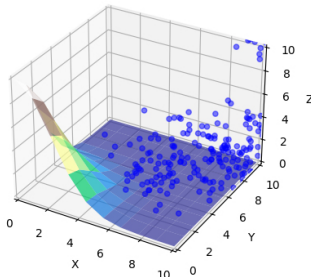


Рис. 4. Распределение осевших частиц при $t = 600$

$t=300, u=0.1, v=0.07, w=0.0, w_g=0.01, D=0.05$

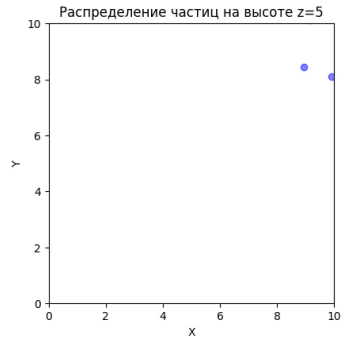
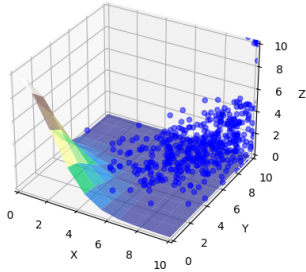


Рис. 5. Распределение частиц на среднем уровне по высоте слоя при $t = 300$

$t=600, u=0.0, v=0.0, w=0.0, w_g=0.01, D=0.05$

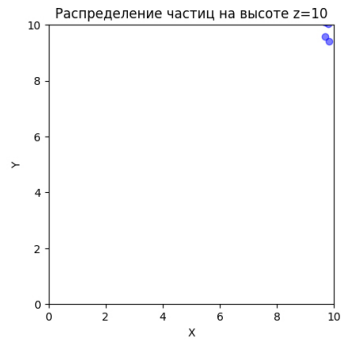
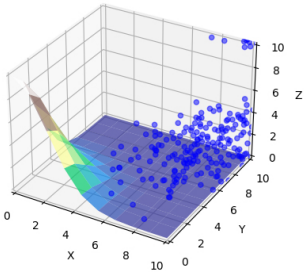


Рис. 6. Распределение частиц на верхней границе при $t = 600$

$t=200, u=0.17, v=0.14, w=0.0, w_g=0.01, D=0.1$

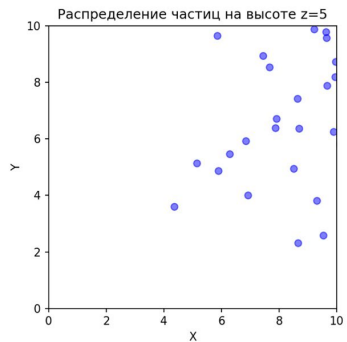
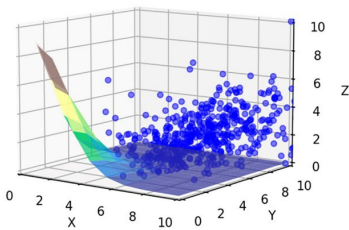


Рис. 7. Распределение частиц на среднем уровне по высоте при $t = 200$ и коэффициенте диффузии $D = 0,1$

На рис. 1-7 приведено распределение частиц в границах области решения задачи в различные моменты времени и на разных высотах. Источник выброса расположен в центре области у поверхности. Поток ветра U в целом движется слева направо.

Как можно видеть из рисунков, при умеренных значениях компонентов скорости ветра наиболее высокие значения концентрации частиц на всем заданном интервале времени наблюдаются на высоте источника выброса (рис. 1, 2).

Следующие существенные значения концентрации частиц можно наблюдать непосредственно на подстилающей поверхности (рис. 3, 4), причем максимальное количество осевших частиц имеет место при $t=300$ (рис. 3), а затем плавно убывает. Это объясняется тем, что в задаче реализовано условие отражения, то есть частицы после контакта с непроницаемой поверхностью либо сразу, либо спустя непродолжительное время отскакивают, вновь поднимаются вверх и уносятся потоком за пределы рассматриваемой области.

Диаграммы рассеивания частиц на высотах $z=5$ и выше показывают минимальное количество частиц (рис. 5, 6). Это связано с тем, что в ходе проведения серии вычислительных экспериментов, выбрасываемые источником частицы, достигали высот $z \geq 5$ лишь в отдельные моменты времени и в небольшом количестве. Однако, при схожей скорости ветра, но увеличенном значении коэффициента диффузии, количество частиц на высотах $z \geq 5$, как правило, значительно возрастает (рис. 7).

В целом, к моменту времени $t=1800$ при значении скоростей u и v от 0 до 1, практически все частицы выносятся потоком за пределы рассматриваемой области. Отметим, что полная дистанция переноса частиц по направлению ветра при $t=1800$ может достигать десятикратного размера рассматриваемой области.

Заключение

Предложенный математический аппарат для анализа процесса распространения загрязняющих примесей в атмосфере имеет потенциал применения в экологических исследованиях, включая прогнозирование распространения радиоактивных частиц, неорганических аэрозолей, пылицы или других биологических частиц. Однако, точность предложенной модели полностью зависит от детализации реальных метеорологических данных и пространственных данных, описывающих орографию местности. Кроме того, при проведении вычислительных экспериментов и интерпретации результатов следует учитывать

ограничения метода Эйлера при решении задачи в более сложных постановках.

Список литературы

1. Качество атмосферного воздуха и здоровье [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения. – 2018. – Режим доступа: <https://bit.ly/2Z65jTQ>
2. Алоян А.Е. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. – М.: ИВМ РАН, 2002. – 201 с.
3. Равшанов Н. Моделирование процесса загрязнения окружающей среды с учетом рельефа местности и погодно-климатических факторов / Равшанов Н., Шарипов Д.К., Ахмедов Д // Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж, 2015. – № 3(93). – С. 222-234.
4. Шарипов Д.К. Моделирование процесса переноса вредных веществ в атмосферу с учётом эрозии почвы / Д.К. Шарипов, Д.Д. Ахмедов // Проблемы информатики и энергетики. – Т., 2015. – № 5. – С. 23-32.
5. Равшанов Н. Численное моделирование процесса переноса и диффузии вредных веществ в атмосфере в сферической системе координат / Н. Равшанов, Ф. Мурадов, Д. Ахмедов // Проблемы оптимизации сложных систем: материалы XIV международной азиатской школы-семинара, 20-31 июля 2018 г., Кыргызстан : в 2-х ч. Ч. 2. – Алмата, 2018. – С. 142-151.
6. Хаширова Т.Ю. Моделирование загрязненности атмосферного воздуха / Т.Ю. Хаширова, Г.А. Акбашева, О.А. Шакова, Е.А. Акбашева // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 8. – С. 325-330.
7. Leelossy A. Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review / A. Leelossy, F. Molnar, F. Izsak, Havasi A., Lagzi I., Meszaros R. // Central European Journal of Geosciences. – 2014. – Vol. 6, Issue 3. – P. 257-278.
8. Anfossi D., Physick W. Lagrangian particle models // Air Quality Modeling Theories, Methodologies, Computational Techniques, and Available Databases and Software. Vol. 2 - Advanced Topics / ed. P. Zannetti. – Pittsburgh, PA: Air & Waste Management Association, 2005. – P. 93-161.
9. Харченко Е.В. Использование математических моделей переноса и рассеяния радионуклидов в атмосфере для управления рисками на стадии проектирования атомных электростанций : дис. ... канд. наук : 25.00.30 : защищена 24.03.2016. – Санкт-Петербург, 2016. – 117 с.
10. El-Harbawi M. Air quality modelling, simulation, and computational methods: a review // Environmental Reviews. – 2013. – Vol. 21, Issue 3. – P. 149-179.

Анализ оперативных норм параметров ошибок цифровых трактов синхронных транспортных модулей

К. А. Батенков, email: pustur@yandex¹

О. Н. Катков, email: pustur@yandex²

А. В. Козленко, email: tichars@yandex¹

¹ МИРЭА – Российский технологический университет

² Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации

Аннотация. В работе указывается, что основой определения оперативных норм для тракта являются общие расчетные нормы для сквозного соединения на показатели ошибок для международного соединения. Для анализа результатов контроля определяются пороговое значение числа секунд с ошибками, пороговое значение числа секунд с существенными ошибками и пороговое значение числа блоков с фоновыми ошибками за период наблюдения для трактов и мультиплексных участков.

Ключевые слова: сети связи, качество, телекоммуникационная услуга, показатели ошибок, синхронный транспортный модуль.

Введение

Основой определения оперативных норм для тракта являются общие расчетные нормы для сквозного соединения (end-to-end) на показатели ошибок для международного соединения (табл. 1). Для обеспечения некоторого запаса при техническом обслуживании значения показателей ESR и SESR, приведенные в табл. 1, соответствуют 50 % от значений для трактов, указанных в рекомендациях ITU-T G.826 [1] и G.828 [2]. Нормы для SEPI пока носят скорее информационный характер.

Для международных мультиплексных участков коэффициенты длины приведены в табл. 2.

1. Учет протяженности линий

При наличии в составе тракта или мультиплексной секции нескольких элементов с коэффициентами длины k_i , $i = 1, 2, \dots, n$, коэффициент длины всего канала или тракта

$$k = \sum_{i=1}^n k_i.$$

Таблица 1

Нормы для сквозных международных мультиплексных участков

МОДУЛЬ STM	размер блока, бит	число блоков в кадре	интен- сивность r , блок/с	ESR G826, r_e	ESR G828, r_e	SESR, r_s	BBER G828, r_m
STM-0	801	8	64 000	0,0375	0,01	0,001	$2,5 \cdot 10^{-5}$
STM-1	801	24	192 000	0,08	0,02	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$
STM-4	801	96	768 000	–	–	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$
STM-16	801	384	3 072 000	–	–	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$
STM-64	801	1536	12 288 000	–	–	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2

Коэффициенты длины международных мультиплексных участков

тип оборудования	коэффициент длины k
наземное	0,002
спутниковое	0,35
подводный кабель длиной менее 500 км	0,005
подводный кабель длиной более 500 км	0,005

Нормы, приведенные в рекомендации ITU-T M.2101 [3] используются для указания на необходимость вмешательства при техническом обслуживании и вводе в эксплуатацию, а процедура их применения аналогична изложенной для каналов и трактов плезioxронной цифровой иерархии, изложенной в рекомендации ITU-T M.2100 [4], за исключением предельных значений.

2. Параметры ошибок

Для анализа результатов контроля определяются пороговое значение s_e^- числа секунд с ошибками ES, пороговое значение s_s^- числа секунд с существенными ошибками SES и пороговое значение b_b^- числа блоков с фоновыми ошибками BBE за период наблюдения T для трактов и мультиплексных участков

$$s_e^- = \max\left(0; mkTr_e' - 2\sqrt{mkTr_e'}\right),$$

$$s_s^- = \max\left(0; mkTr_s' - 2\sqrt{mkTr_s'}\right),$$

$$b_b^- = \max\left(0; mkrTr_m^i - 2\sqrt{mkrTr_m^i}\right),$$

где m – коэффициент типа эксплуатационного контроля (табл. 3);
 k – коэффициент длины канала или тракта;
 r – интенсивность передачи блоков;

Таблица 3

Коэффициент типа эксплуатационного контроля m

тип испытания	мультиплексные секции	тракты
ввод в эксплуатацию и после ремонта (ES и BBE)	0,1	0,5
ввод в эксплуатацию и после ремонта (SES)	0,5	0,5
ввод с пониженным качеством	0,5	0,75
вывод из эксплуатации	10	10

Если за период наблюдения T по результатам эксплуатационного контроля получены число s_e секунд с ошибками ES, число s_s секунд с существенными ошибками SES или число b_b блоков с фоновыми ошибками BBE, то тракт или мультиплексный участок считаются успешно прошедшими испытания только при условии неперевышения допустимых порогов, то есть при $s_e \leq s_e^-$, $s_s \leq s_s^-$ или $b_b \leq b_b^-$ [5].

3. Предельные значения показателей

Аналогично измерениям в PDH определены две стандартные длительности интервалов измерений при контроле во время эксплуатации (технического обслуживания), каждому из которых соответствуют свои предельные значения показателей.

Первая длительность контроля соответствует 15 минутам и используется при идентификации неприемлемого уровня показателей качества ES s_e'' , SES s_s'' и BBE b_b'' , либо возврате в нормальное состояние. Пороговые значения приведены в таблице 4–7.

Вторая длительность контроля соответствует одним суткам и используется при идентификации ухудшенного уровня показателей качества ES s_e' , SES s_s' и BBE b_b' . Пороговые значения ухудшенных качественных показателей рассчитываются исходя из 75 % границы для трактов и 50 % для мультиплексных участков (табл. 3).

Таблица 4

Пороговые значения показателей качества по умолчанию для идентификации состояния мультиплексных участков и их приемлемости

коэффициент длины k	STM-0			STM-1			STM-4		
	ES, с	SES, с	BBE	ES, с	SES, с	BBE	ES, с	SES, с	BBE
$k < 0,35$	34	6	5 000	67	6	16 000	–	6	64 000
$k \geq 0,35$	57	10	9 000	114	10	27 000	–	10	110 000

4. Пример расчета

Мультиплексная секция STM-1 включает один IPCE со спутниковой системой передачи. Измерения при техническом обслуживании зарегистрировали за интервал измерения восемь секунд с ошибками, девять секунд с существенными ошибками и 12 195 блоков с фоновыми ошибками. Периодов неготовности не зафиксировано.

Определить соответствие результатов измерений оперативным нормам на характеристики ошибок этой секции.

Дано: $L = 9250$ км, $T = 15$ мин., $s_e = 8$, $s_s = 9$.

Найти: s_e^* , s_s^* , b_b^* .

Коэффициент длины IPCE равный коэффициенту тракта (табл. 2)

$$k = 0,35.$$

При техническом обслуживании первоначально проверяется приемлемость уровня показателей качества в течении 15 минут. Пороговые значения ES s_e^* , SES s_s^* и BBE b_b^* для STM-1 (табл. 4)

$$s_e^* = 114(\text{с}), \quad s_s^* = 10(\text{с}), \quad b_b^* = 27000.$$

Таким образом, мультиплексный участок находится в нормальном состоянии (табл. 5).

Таблица 5

Соответствие нормам параметров ошибок мультиплексного участка

показатель	ES s_e , с	SES s_s , с	BBE b_b
вывод из эксплуатации	114	10	27 000
пониженное качество	45	7	28 690
измеренные значения	8	9	12 195

Далее проверяется уровень показателей качества в течении суток.
 Предельные оперативные нормы для STM-1 (табл. 1)

$$r_e' = 0,02, r_s' = 0,001, r_m' = 5 \cdot 10^{-5}.$$

Интенсивность передачи блоков $r = 192000 \text{ с}^{-1}$ (табл. 1).
 Пороговые значения s_e^- числа секунд с ошибками ES, s_s^- числа секунд с существенными ошибками SES и b_b^- числа блоков с фоновыми ошибками ВВЕ за период наблюдения $T = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400 \text{ с}$ при эксплуатации с пониженным качеством (для ES и ВВЕ $m = 0,1$, для SES $m = 0,5$ – табл. 3)

$$s_e^- = \max\left(0; mkTr_e' - 2\sqrt{mkTr_e'}\right) =$$

$$\max\left(0, 0,1 \cdot 0,35 \cdot 86400 \cdot 0,02 - 2\sqrt{0,1 \cdot 0,35 \cdot 86400 \cdot 0,02}\right) =$$

$$\max(0; 45) = 45 \text{ (с)},$$

$$s_s^- = \max\left(0; mkTr_s' - 2\sqrt{mkTr_s'}\right) =$$

$$\max\left(0; 0,5 \cdot 0,35 \cdot 86400 \cdot 0,001 - 2\sqrt{0,5 \cdot 0,35 \cdot 86400 \cdot 0,001}\right) =$$

$$\max(0, 7) = 7 \text{ (с)},$$

$$b_b^- = \max\left(0; mkrTr_m' - 2\sqrt{mkrTr_m'}\right) =$$

$$\max\left(0; 0,1 \cdot 0,35 \cdot 192000 \cdot 86400 \cdot 5 \cdot 10^{-5} - 2\sqrt{0,1 \cdot 0,35 \cdot 192000 \cdot 86400 \cdot 5 \cdot 10^{-5}}\right) =$$

$$\max(0, 28690) = 28690.$$

Поскольку предполагается, что результаты измерений идентичны, мультиплексная секция находится в состоянии пониженного качества (табл. 5).

Заключение

В работе определены пороговое значение числа секунд с ошибками, пороговое значение числа секунд с существенными ошибками и пороговое значение числа блоков с фоновыми ошибками за период наблюдения для трактов и мультиплексных участков.

Список литературы

1. Rec. G.826. End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections. – 2002–12. – Geneva : ITU-T, 2002. – 34 p.
2. Rec. G.828. Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate synchronous digital paths. – 2000–03. – Geneva : ITU-T, 2001. – 24 p.
3. Rec. M.2101. Performance limits for bringing-into-service and aintenance of international multi-operator SDH paths and multiplex sections. – 2003–06. – Geneva : ITU-T, 2003. – 52 p.
4. Rec. M.2100. Performance limits for bringing-into-service and maintenance of international multi-operator PDH paths and connections. – 2003–04. – Geneva : ITU-T, 2003. – 50 p.
5. Батенков А.А.. Формирование сечений телекоммуникационных сетей для анализа их устойчивости с различными мерами связности / К.А. Батенков, А.Б Фокин // Информатика и автоматизация. 2021. – Т. 20. – № 2. – С. 371-406.

Имитационно-аналитическая модель радиотехнической аппаратуры добывания сведений о радиоэлектронной обстановке

А. В. Богословский, e-mail: bogosandrej@yandex.ru,
А. В. Евсеев, e-mail: alsealek@mail.ru,
С. Н. Разиньков, e-mail: razinkovsergey@rambler.ru,
О. Э. Разинькова, e-mail: olgarazinkovaic@icloud.com

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

***Аннотация.** С использованием дискретно-событийного подхода при воспроизведении процедур обнаружения, оценки пространственно-частотно-временных параметров, классификации и аналитических выражений для вычисления показателей результативности этапов обработки сигналов построена имитационно-аналитическая модель аппаратуры добывания сведений о радиоэлектронной обстановке. Представлен вариант программной реализации модели в среде Qt Creator на объектно-ориентированном языке C++ с применением для управления базами данных с характеристиками источников радиоизлучений и приемно-анализирующих устройств системы PostgreSQL.*

***Ключевые слова:** Радиоэлектронная обстановка, первичная и вторичная обработка сигналов, третичная обработка информации, имитационно-аналитическая модель аппаратуры добывания сведений.*

Введение

Для анализа радиоэлектронной обстановки в интересах контроля деятельности радиоэлектронных объектов и распределения временного и пространственно-частотного ресурса при передаче-приеме сообщений по радиоканалам применяется радиотехническая аппаратура добывания сведений. Сведения о радиоэлектронной обстановке добываются путем выполнения в последовательном и (или) последовательно-параллельном режимах взаимосвязанных процедур первичной и вторичной обработки сигналов и третичной обработки информации [1, 2]. После обобщения и верификации с устранением выявленных противоречий и исключением ошибочно интерпретированных наблюдений [1, 2] добываемые данные преобразуются в сведения, которые в результате формирования логико-прогностических выводов позволяют получить полную и достоверную

информацию [1] о текущем состоянии радиоэлектронной обстановки и происходящих в ней изменениях.

Стратегия построения и функционирования аппаратуры добывания сведений о радиоэлектронной обстановке ориентирована на достижение наибольших показателей результативности анализа при ограничениях на привлекаемые информационно-технические ресурсы [1, 2] с контролем интенсивностей потоков ошибочных классификационных решений [3].

Согласно [1, 2, 4], в качестве интегрального информационного показателя эффективности обработки сигналов источников, подлежащих контролю при наличии постановщиков помех, выбирается вероятность добывания сведений [2], вычисляемая как свертка частных показателей возможностей процедур обработки [1, 2] при фиксированных значениях вероятностей ложных тревог на этапах обнаружения и распознавания.

Для обоснования рациональных принципов построения и тактико-технических характеристик аппаратуры применяются модели первичной и вторичной обработки сигналов и третичной обработки информации, на основании которых оцениваются условия достижения требуемых показателей достоверности и полноты анализа обстановки и происходит выбор вариантов целесообразной компоновки функциональных блоков (узлов) в состав единых функционально-технических устройств.

В предлагаемой работе в рамках дискретно-событийного подхода [2] при воспроизведении потоков принимаемых сигналов исследованы взаимосвязи показателей эффективности добывания сведений [1, 2, 4] с параметрами радиоэлектронной обстановки [5] и тактико-техническими характеристиками радиотехнической аппаратуры [2]. Результаты этапов обработки сигналов, воспроизводимые в последовательные моменты времени, находятся на основе имитационного моделирования процедур обнаружения, оценки параметров и распознавания сигналов с расчетом показателей эффективности каждого этапа и интегрального показателя эффективности с применением аналитических выражений [2, 4, 5].

Цель предлагаемой работы – определение базовых этапов и путей построения имитационно-аналитической модели [5] радиотехнической аппаратуры для добывания сведений о радиоэлектронной обстановке.

1. Первичная обработка сигналов в радиотехнической аппаратуре добывания сведений о радиоэлектронной обстановке

Первичная обработка сигналов представляет собой начальный этап добывания сведений о радиоэлектронной обстановке в аппаратуре. Она включает в себя процедуры обнаружения, оценки направлений прихода и частотно-временных параметров отдельных сигналов.

Структура модуля первичной обработки сигналов включает в себя следующие функциональные блоки [2]:

- а) блок обнаружения сигнала;
- б) блок определения направления прихода сигнала;
- в) блок определения текущей частоты сигнала;
- г) блок оценки параметров сигнала.

Компоновка блоков в составе единых устройств [1, 2] предполагает комплексирование функций обнаружения и определения направления прихода сигнала в обнаружителях-пеленгаторах. В ходе анализа потока принимаемых радиоизлучений [4, 5] оцениваются угловые координаты их источников при последующем сопоставлении с порогом принятия решения о наличии (отсутствии) сигнала [1] на входе радиотехнической аппаратуры. При совместной оценке направления прихода и текущей частоты сигнала соответствующие блоки в составе модуля первичной обработки охватываются обратными связями с минимизацией ошибок (дисперсий) выполняемых измерений [2]. Интеграция процедур оценки направления прихода и текущей частоты сигнала осуществляется путем установления взаимодействия между соответствующими блоками через блок оценки параметров сигналов [2]. Совместная оценка направления прихода и текущей частоты сигнала [1, 2] выполняется с применением алгоритмических процедур в пространственных каналах или частотно-избирательных звеньях с настройкой одного из блоков по результатам функционирования другого.

Представление основных процессов первичной обработки сигналов при моделировании [4, 5] заключается в нахождении формализованного описания преобразований пространственно-временного распределения принимаемого потока в дескрипторы первичных параметров (частоты, направления, времени прихода и длительности) с дисперсиями оценок, заданными на основании тактико-технических характеристик и условий функционирования радиотехнической аппаратуры [1, 2].

При моделировании аппаратуры в процедуре первичной обработки сигналов можно выделить два основных шага.

Первый шаг – установление доступности источников сигналов из условий прямой видимости [6] и превышения отношения сигнал-шум на входе приемного устройства уровня [4, 5], требуемого для выполнения операций обработки с заданной результативностью. Дальность прямой видимости определяется при заданных значениях высот подъема антенн передатчика и аппаратуры добывания разведывательных сведений и дифракционных коэффициентов радиоканалов в диапазонах частот [6]. Отношение сигнал-шум находится при ограничениях на характеристики пространственно-частотной избирательности передающей и приемной

антенн по величине эффективного энергетического момента передачи-приема сигналов в радиоканале [7].

Второй шаг – формирование дескрипторов первичных параметров при воспроизведении результатов обнаружения, оценки направления, частоты и параметров сигналов [2, 4] с учетом прореживания их потока на первом шаге моделирования процедуры первичной обработки.

Для обеспечения требуемого диапазона рабочих частот для анализа радиоэлектронной обстановки осуществляется литературное исполнение [1] радиотехнической аппаратуры при использовании в диапазоне высоких частот элементной базы магнитоэлектроники и магнитооптики. Высокая чувствительность аппаратуры достигается за счет построения входных цепей на базе малошумящих диапазонных усилителей [1] и реализации квазиоптимальных адаптивных алгоритмов обработки сигналов. Малые дисперсии оценок параметров становятся возможными в результате многоканальной обработки сигналов в системах определения частоты параллельно-последовательного типа [1, 2] с последующим уточнением ее значений в дисперсионных схемах и цифровых процессорах быстрого преобразования Фурье [1, 2, 5] с фиксацией времени прихода импульсов и корреляционной обработкой непрерывных излучений [4].

2. Вторичная обработка сигналов в радиотехнической аппаратуре добывания сведений о радиоэлектронной обстановке

Как показано в [2, 4], вторичная обработка сигналов выполняется в интересах установления их принадлежности отдельным источникам. В частности, анализ импульсных излучений заключается в формировании последовательностей с оценкой периодов следования и нахождении законов перестройки частотных и временных параметров [2]. Вторичная обработка сигналов с программной (псевдослучайной) перестройкой рабочей частоты [1] включает в себя процедуру выявления группового набора и установления скорости перестройки с оцениванием времени работы передатчика на одной частоте.

Указанные процедуры базируются на селекции и группировании потоков дескрипторов первичных параметров сигналов, а их результаты составляют основу для распознавания типов (экземпляров) или режимов работы источников радиоизлучений [2].

В основу вторичной обработки сигналов в аппаратуре добывания сведений о радиоэлектронной обстановке положены методы линейной фильтрации [8] с идентификацией дескрипторов первичных параметров, формируемых в модуле первичной обработке с дисперсиями оценок, определяемых тактико-техническими характеристиками аппаратуры и реализуемыми алгоритмами [2, 5]. В целях улучшения устойчивости и сходимости фильтруемых гипотетических последовательностей [2, 5] в

уравнениях фильтрации [8, 9] задаются регуляризирующие слагаемые. В качестве регуляризирующего слагаемого уравнения фильтрации в [9, 10] выступает добавочное (корректирующее) шумовое ускорение при изменении оцениваемого параметра.

При селекции и группировании первичных параметров сигналов в частотной и временной областях устанавливаются динамические стробы дескрипторов. Размеры стробов определяются значениями диапазонов изменения параметров и дисперсий оценок первичных наблюдений при доверительных интервалах [2], устанавливаемых, исходя из требований точности результатов, скорости сходимости и устойчивости процедуры вторичной обработки сигналов.

Новые гипотетические последовательности для оценки вторичных параметров сигналов формируются по текущим и предыдущим наборам дескрипторов первичных параметров при граничных условиях поиска. Решения о селекции дескрипторов первичных параметров сигналов и их группирования при выдвижении и проверке гипотезы о принадлежности различным последовательностям принимается при достижении априори установленного числа шагов сопровождения последовательности или окончании цикла наблюдения [2, 4, 5].

За счет совместной вторичной обработки сигналов в разнесенных точках пространства с применением мобильных или многопозиционных радиотехнических комплексов [5] становится возможным определение местоположения источников радиоизлучения разноотно-дальномерным, триангуляционным способами [4, 5, 9]. При этом массив параметров для идентификации радиоэлектронных объектов дополняется устойчивым к изменениям фоновой контрастности признаком – оценками координат, позволяющим выполнять классификацию (распознавание) сигналов при перестройке параметров и смене режимов излучения.

Итог вторичной обработки сигналов заключается в установлении значений параметров, выявляемых при обработке наблюдений в стробах селекции. Эти параметры в совокупности с параметрами, найденными в процессе первичной обработки, составляют массивы исходных данных для выполнения третичной обработки информации.

3. Третичная обработка информации в радиотехнической аппаратуре добывания сведений о радиоэлектронной обстановке

Третичная обработка информации в радиотехнической аппаратуре для добывания сведений о радиоэлектронной обстановке выполняется в целях получения оперативно-тактических выводов о текущем состоянии и изменениях параметров излучений и режимов работы радиоэлектронных объектов [1, 9].

Ее результаты заключаются в следующем:

а) распознавание радиоэлектронных объектов путем сопоставления стратифицированных дескрипторов первичных и вторичных параметров сигналов с эталонными описаниями;

б) получение расширенных массивов демаскирующих признаков целей за счет отождествления по однотипным параметрам [9] сведений, добываемых радиотехнической аппаратурой и средствами мониторинга, работающими на основе других принципов (например, средства активной радиолокации) или в других физических полях (в частности, средства оптико-электронного контроля) [1, 4, 5]. Увеличение числа характерных демаскирующих признаков объектов, определенных для наблюдения [1], обуславливает прирост достоверности и полноты анализа обстановки, оперативность отслеживания и своевременность выявления изменений, происходящих в ней [4, 5].

4. Программная реализация имитационно-аналитической модели радиотехнической аппаратуры добывания сведений о радиоэлектронной обстановке

Имитационно-аналитическая модель реализована с использованием объектно-ориентированного языка программирования C++ в среде разработки Qt Creator на персональной ЭВМ на базе процессора Intel Core i3-7020U с объемом оперативной памяти 4 Гб. Моделирующий алгоритм задавался на основе функциональной декомпозиции этапов обработки, включая процедуры генерации и приема потока сигналов, и пошагового воспроизведения итерационного процесса анализа текущих состояний радиоизлучающих объектов и радиотехнической аппаратуры добывания сведений о радиоэлектронной обстановке. Для управления базами данных о тактико-технических характеристиках аппаратуры, местоположении и параметрах источников радиоизлучения и условиях моделирования применялась система PostgreSQL [5].

Вероятность добывания сведений определялась по результатам статистических испытаний модели [4] как отношение математического ожидания достоверно выявленных целей к истинному числу объектов в пространственно-частотно-временной области наблюдений [4, 5].

Найдены значения вероятности добывания сведений в аппаратуре с беспойсковыми блоками определения направления прихода сигналов с одновременным обзором сектора рабочих углов при использовании комплекса неподвижных антенн [2] и поисковых блоков [2] с антенными системами, сканирующими пространство главными лучами диаграмм направленности [2, 4, 5]. Для оценки частоты применялись устройства с мгновенным измерением частоты, сжатием сигналов, многоканальные, матричные и поисковые панорамные приемники [1, 2].

Обнаружение и анализ сигналов со сложной внутриимпульсной модуляцией и быстрой перестройкой частотно-временных параметров осуществлялись на основе энергетического приема и квазиоптимальной обработки потоков радиоизлучений с перекрывающимися по значениям характеристиками [2, 5].

Заключение

При итерационном представлении операций по обнаружению, оценке пространственно-частотно-временных параметров сигналов и распознаванию типов (экземпляров) или режимов работы их источников в рамках дискретно-событийного подхода [2] построена имитационно-аналитическая модель радиотехнической аппаратуры [5] для добывания сведений о радиоэлектронной обстановке.

Основу модели составляют взаимосвязанные модули первичной и вторичной обработки сигналов, имитирующие процессы формирования дескрипторов первичных параметров и их фильтрации для нахождения значений вторичных параметров, а также модуль третичной обработки информации, в котором реализуются алгоритмы распознавания типов (экземпляров) или режимов работы радиоэлектронных объектов.

Для нахождения интегрального показателя эффективности оценки радиоэлектронной обстановки – вероятности добывания сведений о ее текущем состоянии и происходящих в ней изменениях – используются аналитические выражения [2, 4] для вычисления и свертки показателей результативности каждого из этапов обработки. Вероятность добывания сведений определяется при фиксированных значениях вероятностей ложной тревоги при обнаружении и распознавании радиоэлектронных объектов.

Выполнена программная реализация модели в среде Qt Creator на объектно-ориентированном языке C++ с применением для управления базами данных о тактико-технических характеристиках радиотехнической аппаратуры добывания сведений, местоположении и параметрах сигналов контролируемых передатчиков системы PostgreSQL.

На основе статистических испытаний модели на персональной ЭВМ с процессором Intel Core i3-7020U и объемом оперативной памяти 4 Гб получены значения вероятности добывания сведений аппаратурой с блоками определения текущей частоты и параметров радиоизлучений на базе устройств с мгновенным измерением частоты, сжатием сигналов, многоканальных, матричных и поисковых панорамных приемников, а также поисковыми и беспойсковыми блоками определения направлений прихода сигналов.

Представленные результаты составляют методическую основу для нахождения рациональных организационно-технических решений по

построению и применению радиотехнической аппаратуры добывания сведений о радиоэлектронной обстановке с учетом реализации мер по обеспечению скрытного функционирования контролируемых объектов.

Список литературы

1. Перунов, Ю. М. Радиоэлектронная борьба: радиотехническая разведка / Ю. М. Перунов, А. И. Куприянов. – М. : Вузовская книга, 2018. – 190 с.
2. Разиньков, С. Н. Оценка эффективности первичной и вторичной обработки импульсных радиосигналов в системах пассивной радиолокации / С. Н. Разиньков, А. А. Сирота // Измерительная техника. – 2004. – № 3. – С. 53-59.
3. Машков, Г. М. Статистические критерии и показатели качества отождествления локационных объектов / Г. М. Машков // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2001. – Т. 44. – № 9. – С. 40-48.
4. Дубатовская, А. В. Имитационное моделирование радиоэлектронной обстановки при «звездном» налете на наземный объект / А. В. Дубатовская // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2019. – № 3. – С. 5-17.
5. Дубатовская, А. В. Имитационное моделирование радиоэлектронной обстановки в системах контроля воздушного пространства / А. В. Дубатовская, С. Н. Разиньков, Д. В. Митрофанов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – № 12. – С. 135-144.
6. Неганов, В. А. Электродинамика и распространение радиоволн / А. В. Неганов, О. В. Осипов, С. Б. Раевский и др. ; под ред. В. А. Неганова и С. Б. Раевского. – М. : Радио и связь, 2005. – 648 с.
7. Разиньков, С. Н. Эффективность радиоподавления сверхширокополосных радиолокационных станций маскирующими помехами / С. Н. Разиньков, О. Э. Разинькова // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2012. – Т. 15. – № 3. – С. 67-74.
8. Куликов, Д. В. Оптимальный линейный фильтр для процедур оценивания с идентификацией измерений / Д. В. Куликов, А. В. Эскало // Автоматика и телемеханика. – 1986. – № 3. – С. 80-87.
9. Перов, А. И. Статистическая теория радиотехнических систем / А. И. Перов. – М. : Радиотехника, 2003. – 400 с.
10. Попов, В. Г. Оценка эффективности трассового сопровождения маневрирующих источников радиоизлучения / В. Г. Попов, С. Н. Разиньков, Е. А. Решетняк // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – № 9. – С. 42-47.

Автоматизация проектирования антенн для управления беспилотных летательных аппаратов

Д. Н. Борисов, email: borisov@sc.vsu.ru

Д. А. Семечев, email: semechev@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Проведено исследование возможности разработки антенной системы для управления беспилотными летательными аппаратами, охватывающей весь диапазон частот, использующийся в настоящее время. Предложена конструкция широкополосной спиральной антенны с объемным резонатором.*

***Ключевые слова:** моделирование излучающих структур, фреймворк ActiveX, спиральная антенна, беспилотные летательные аппараты.*

Введение

В настоящее время с развитием направлений искусственного интеллекта становится возможным применение беспилотных летательных аппаратов в различных сферах: сельском хозяйстве, строительстве, логистике и т. д.

Сейчас для связи с беспилотными летательными аппаратами используется диапазон частот от 0.39 до 6.425 ГГц: 390-399.9 МГц, 860-876 МГц, 902-915 МГц, 921-925 МГц, 1427-1535 МГц, 2214-2226 МГц, 2328-2340 МГц, 2.4-2.5 ГГц, 2.58-2.592 ГГц, 5.85-6.425 ГГц [1]. При этом в зависимости от удаленности летательных аппаратов в некоторых сферах применений для улучшения качества связи возникает необходимость переключения с одного поддиапазона на другой. Для эффективного приема/передачи сигнала необходимо иметь антенную систему, состоящую из набора антенн, каждая из которых имеет заявленный диапазон частот. Либо использовать одну эффективную антенну, позволяющую работать во всех поддиапазонах. Каждый из подходов имеет свои достоинства и недостатки: в первом случае необходимо проектировать возможность переключения приемника между антеннами, решать проблему размещения антенн на ограниченной поверхности, а во втором случае необходимо разработать антенну, коэффициент перекрытия которой должен быть более 16 [2].

Данная работа направлена на разработку высокоэффективной антенны, позволяющей работать на всех заявленных поддиапазонах частот для взаимодействия с беспилотными летательными аппаратами.

1. Интеграция программных средств для разработки антенных систем

Разработка сложных электродинамических структур является ресурсоемкая задачей, основанной на вычислительных методах. Синтез антенных систем требует использования оптимизации большого количества ее физических параметров. Реализация такой сложной задачи требует значительных вычислительных мощностей, которые, как правило, используются удаленно (серверы или высокопроизводительные рабочие станции). Автоматизация управления разработкой антенных систем в этом случае требует интеграции одних программных компонентов в другие.

CST Microwave Studio (CST MWS) является эффективной средой разработки излучающих структур, позволяющей получить достоверные результаты [3]. Она позволяет осуществлять электродинамическое моделирование, основанное на проектировании геометрии объекта, определения физических свойств материалов, с ее помощью можно формировать паттерны расчетов сложных характеристик, осуществлять моделирование воздействия электромагнитного поля на исследуемый объект, проводить анализ и синтез сложных электродинамических структур. Для математических расчетов и анализа данных, полученных в результате моделирования, а также синхронизации данных между удаленным сервером и клиентским компьютером используется Matlab [4]. Данный подход реализуется на использовании фреймворка ActiveX и основан на определении программных компонентов (COM-компонентов). В общем случае он может быть применен для программ, написанных на разных языках программирования.

В данном случае фреймворк используется для вызова компонентов CST MWS из среды MATLAB при использовании функций ActiveX компонентов [5]. В результате ActiveX и MATLAB взаимодействуют между собой, обеспечивая возможность использования функционала одного приложения в другом.

Взаимодействие программ реализовано в виде скрипта на языке Visual Basic, который запускается в Matlab и осуществляет взаимодействие с моделями, созданными в CST. Для этого создается COM-объект программы CST через подключение к COM-серверу, на котором находится программа. Затем, используя COM-интерфейсы осуществляется работа с внутренними компонентами программы. Схема взаимодействия COM-клиента с COM-объектами представлена на рис 1.

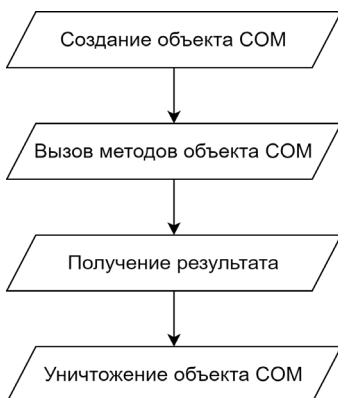


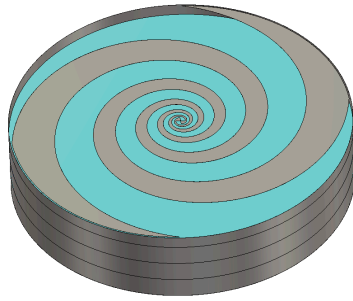
Рис. 1. Схема взаимодействия COM клиента с объектом

2. Электродинамическая модель антенны

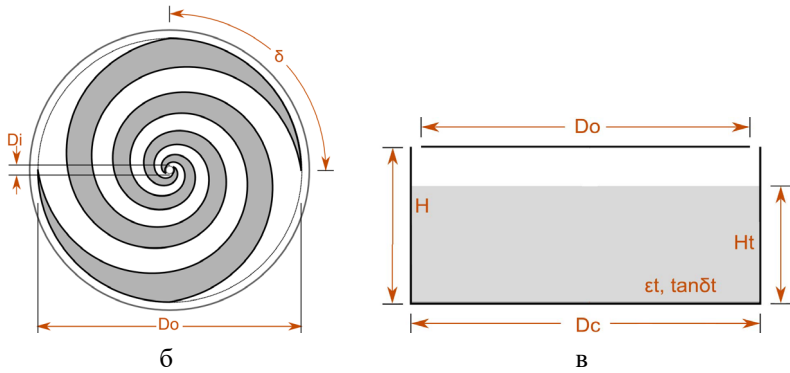
На рис. 2 представлена широкополосная спиральная антенна, работающая в полосе частот $f=0.4-6.5$ ГГц (рис. 3). Габаритные размеры антенны определяются объемным резонатором цилиндрической формы с высотой $H=84.1$ мм и диаметром $D_c=366.9$ мм, заполненный диэлектрическим материалом. Для увеличения широкополосности антенны резонатор формируется двухслойным: нижняя часть с высотой $H_1=70.3$ мм и проницаемостью $\epsilon_1=1.1$ (тангенс угла потерь $\text{tg } \delta_1=0.25$), верхняя часть с высотой 13.8 мм и проницаемостью $\epsilon=1$. Диаметр окружности, описанной около спирали излучающей части антенны $D_0=363.2$ мм, рукав спирали, прилегающий к окружности, формируется сектором $\delta=90^\circ$, точка питания антенны формируется областью с диаметром $D_i=9.6$ мм, при этом отдельный рукав спирали имеет независимое возбуждение.

Для расчета электродинамических характеристик использовался метод конечных интегралов и адаптивный алгоритм разбиения пространства расчета на дискретные ячейки. Метод конечных интегралов имеет высокую эффективность в задачах для анализа электромагнитного поля в неоднородном пространстве, особенно, для объектов с произвольной формой границ [6].

В численных расчетах вся область пространства разбивается на отдельные ячейки на которых проводится численное решение уравнений Максвелла в интегральной форме. Адаптивный алгоритм позволяет увеличить количество ячеек разбиения на неоднородностях структуры (рис. 4). Такой подход для исследования структуры привел к разбиению области на 16 628 040 ячеек.



а



а – трехмерная модель, б – вид сверху, в – вид сбоку

Рис. 2. Модель спиральной антенны с объемным резонатором

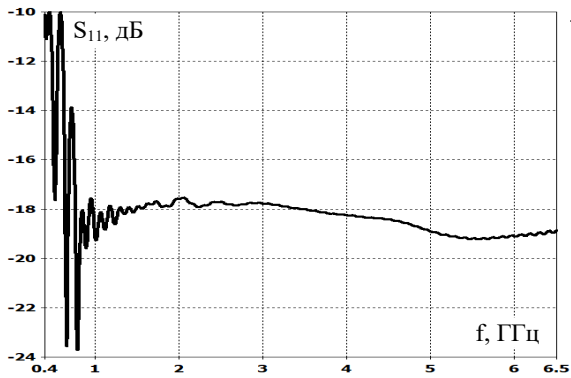


Рис. 3. Коэффициент отражения S_{11}

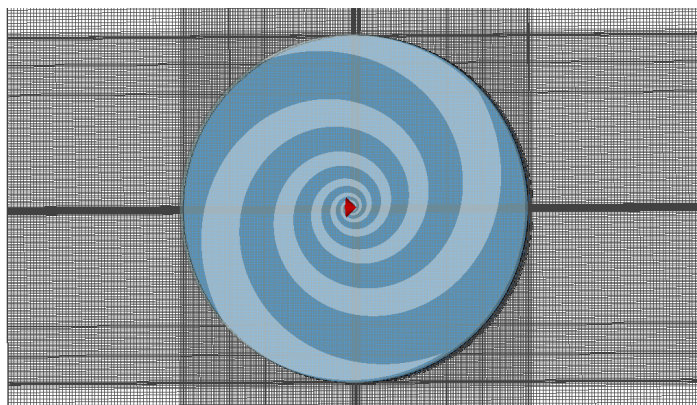


Рис. 4. Разбиение области структуры на ячейки

3. Обсуждение результатов

Моделирование и оптимизация параметров структуры позволила получить антенну с коэффициентом перекрытия более 16 (рис. 2). Для реализации такого показателя изначально выбирались подходящие структуры: спиральная антенна, антенна Вивальди, объемные резонаторные антенны. Наилучший показатель удалось получить при использовании спиральной антенны с объемным резонатором. Объемный резонатор с одной стороны позволил значительно увеличить ширину рабочих частот, а с другой стороны сформировать однонаправленное излучение (в отличие от плоской спиральной антенны) (рис. 5).

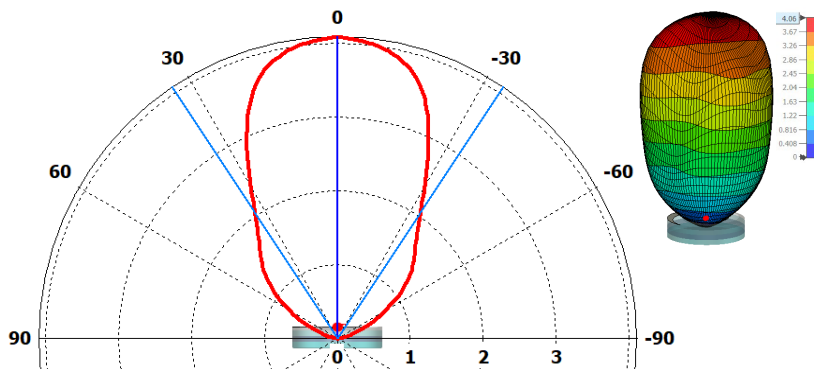


Рис. 5. Диаграмма направленности антенны на частоте $f=4.3$ ГГц

Сложность структуры и большая полоса рабочих частот привела к невозможности синтезировать структуру с равномерным коэффициентом усиления (КУ). При этом разброс КУ в нижней части рабочих частот (до 2 ГГц) достигает более 6 дБ, а в верхней части – превышает 1.5 дБ.

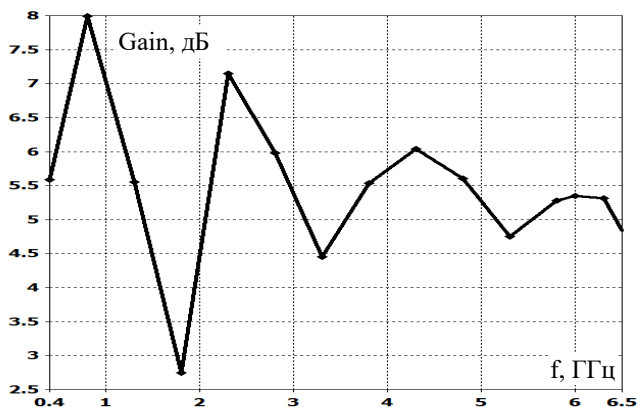


Рис. 6. Коэффициент усиления антенны

Заключение

В работе проведено исследование возможности разработки антенной системы для управления беспилотными летательными аппаратами, охватывающей весь диапазон частот, используемый в настоящее время.

Предложена конструкция и проведено исследование характеристик широкополосной спиральной антенны с объемным резонатором, используемая для управления беспилотными летающими аппаратами всех действующих диапазонов частот.

Эффективное моделирование и исследование сложных электродинамических структур удалось выполнить с использованием интеграции программных средств CST MWS и Matlab. Такое взаимодействие позволяет эффективно сочетать возможности моделирования и электродинамического анализа с возможностями математического анализа и постобработкой результатов моделирования.

Список литературы

1. Россия легализует частоты для беспилотников // CNEWS : сайт. – URL : https://www.cnews.ru/news/top/2022-12-21_rossiya_legalizuet_chastoty

2. Котусов А. С. Теоретические основы радиосистем. Радиосвязь, радиолокация, радионавигация. – М. : Радио и связь, 2002. – 224 с.
3. CST Studio Suite 2019 User's Manual, Computer Simulation Technology AG, 2019, p. 86
4. Stephen J. Chapman. MATLAB Programming for Engineers. Cengage Learning, 2021.
5. Адам Деннинг. ActiveX для профессионалов. – СПб.: Питер, 2002. – 436 с.
6. Исследование возможностей метода конечных интегралов при прогнозировании распространения радиоволн в неоднородных анизотропных средах / Е. В. Михайлов, Р. А. Дудов, П. Н. Захаров [и др.] // Сборник трудов III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь» (ИРЭ РАН, 26-30 октября 2009 г.). – Москва, 2009. – С. 601-605.

Методика применения комплексной метеорологической информации при обеспечении полетов государственной авиации

Д. В. Булгин, e-mail: d.bulgin77@yandex.ru
Д. Д. Лашманов, С.С. Черемушкин

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

***Аннотация.** В статье предлагается методика прогнозирования и представления метеорологической обстановки на топографической карте для поддержки принятия метеозависимых решений при метеорологическом обеспечении полетов государственной авиации на малых и предельно – малых высотах. Метеорологические условия наносятся на топографическую карту в виде зон значений показателя метеорологической обстановки.*

***Ключевые слова:** Полетная видимость, метеорологическая обстановка, метеорологическое обеспечение полетов.*

Введение

Анализ метеорологического обеспечения государственной авиации показывает, что повышение эффективности метеорологического обеспечения полётов на малых и предельно малых высотах достигается использованием различной метеорологической информации [1-4, 6]. Современное представление метеорологической информации для оперативной поддержки принятия метеозависимых решений не позволяет в полной мере оценить возможность выполнения полётов, особенно в сложных метеорологических условиях [1, 3, 4].

Повысить качество метеорологического обеспечения полётов на малых и предельно малых высотах возможно путём представления метеоинформации в комплексном виде.

Опыт метеорологического обеспечения полётов государственной авиации показал, что для эффективной оценки обстановки информация должна быть представлена в удобном для анализа виде, с использованием топографической карты района полетов с отображением зон с однотипными метеорологическими условиями. Это позволит объективно и оперативно оценивать влияние физико–географических условий на метеорологическую обстановку [1, 2].

Поэтому целью работы является повышение эффективности метеорологического обеспечения полетов государственной авиации на малых и предельно–малых высотах путем разработки методики применения и представления комплексной метеорологической информации при обеспечении полетов государственной авиации.

Разработка методики применения комплексной метеорологической информации

Современные расчётные модели позволяют получать карты погоды для авиации в виде зон значений высоты нижней границы облачности (ВНГО) и зон значений метеорологической дальности видимости (МДВ). Эти карты помогают анализировать метеоусловия, но не позволяют оценить полётную видимость (ПВ), которая в сочетании с ВНГО определяет возможность выполнения полётов [3].

Следовательно, метеорологическую информацию необходимо представить в виде комплексных значений ВНГО и ПВ. Такой комплекс можно назвать комплексным показателем метеорологической обстановки (КПМО).

Обоснованием к такому способу представления метеоинформации являются требования ФАППП-2005[3] и ФАПШО–2011[4], где указано, что при принятии решения на выполнение полётов метеорологические условия оцениваются по значениям ВНГО и ПВ.

КПМО необходимо наносить на электронную топографическую карту в виде районирования территории полётов по их значениям в реальном времени и текущем прогнозировании.

Важнейшим условием определения КПМО является его расчёт и прогноз по данным наземных метеорологических наблюдений.

Прогноз КПМО, с учетом влияющих факторов [1, 5] реализован математической моделью расчета прогностических значений ВНГО, МДВ и полетной видимости (ПВ):

$$H = a_0 + a_1 h + a_2 T + a_3 T_d + a_4 ff \quad (1)$$

$$S = b_0 + b_1 h + b_2 T + b_3 T_d + b_4 ff \quad (2)$$

где H – ВНГО, м; S – МДВ, м; h – значение превышения местности над уровнем моря; T – температура воздуха; T_d – точка росы; ff – скорость ветра.

$$S_{II} = k_{\text{воз}} \frac{H_{\text{воз}}}{\cos \Theta \cdot \ln \frac{1}{\varepsilon} \int_0^{H_{\text{воз}}} \frac{1}{S_{m(h)}} dh} \ln \left[1 + \left(\frac{K_0}{\varepsilon} - 1 \right) \frac{B_\phi}{B} \right] \quad (3)$$

где S_{II} – полетная видимость, м; $H_{пол}$ – высота полета воздушного судна, м; $S_{m(h)}$ – видимость на высоте полёта, м; K_0 – контраст между объектом и фоном в не замутнённой атмосфере; B_ϕ – яркость фона в не замутнённой атмосфере; B – предельное значение яркости слоя помутнения; ϵ – порог контрастной чувствительности глаза; Θ – угол визирования, °; dh – слои, характеризующие распределение горизонтальной видимости с высотой, м; $k_{вет}$ – экспериментально установленные коэффициенты

($k_{дымка} = 1, k_{дождь} = 0,91, k_{снег} = 0,84, k_{морось} = 0,8$).

В качестве примера рассмотрим традиционную форму представления метеоинформации для оценки метеобстановки на карте погоды путём выделения зон однотипных метеорологических условий по району выполнения полётов [6] для принятия решения на выполнение полётов по правилам визуальных полётов для армейской авиации (АА) (рисунок 1). Оценка метеорологической обстановки показывает, что на маршруте полетов метеоусловия являются простыми, а в районе полигона – сложными.

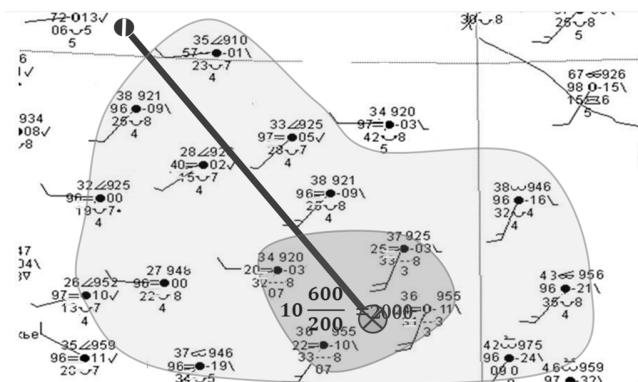


Рис. 1. Микрокольцевая карта с выделенной зоной однотипных метеорологических условий по району выполнения полётов

Оценка метеорологических условий по КПОМО, для заметных объектов по условиям оптической маскировки ($K_0=0.6$) и нанесенным на электронную топографическую карту (рисунок 2) показывает, что в районе полигона метеоусловия не соответствуют выполнению полётного задания, а для малозаметных объектов (рисунок 3) по

условиям оптической маскировки ($K_0=0.2$) не соответствуют на маршруте и на полигоне.

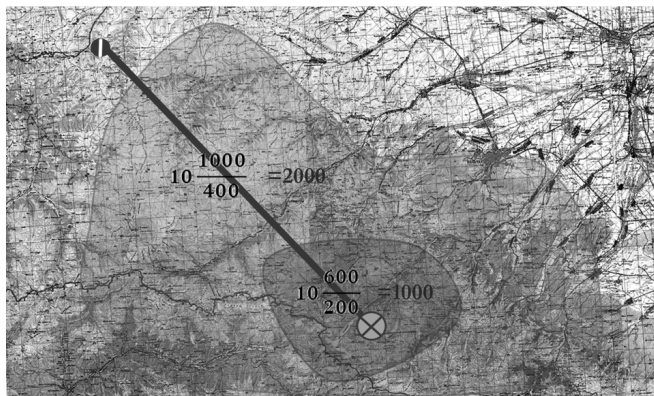


Рис. 2. Топографическая карта с нанесённым комплексным показателем метеорологической обстановки для заметных объектов по условиям оптической маскировки ($K=0,6$)

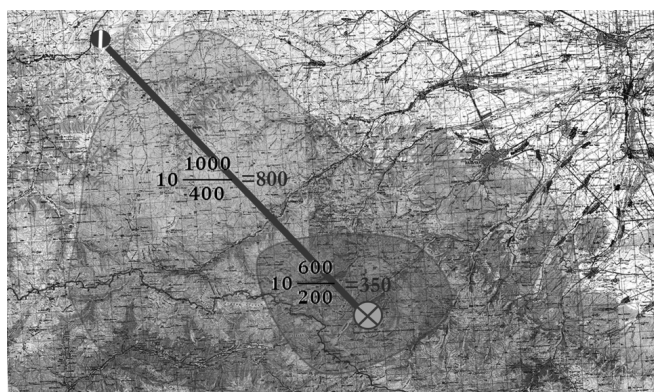


Рис. 3. Топографическая карта с нанесённым комплексным показателем метеорологической обстановки для малозаметных объектов по условиям оптической маскировки ($K=0,2$)

Заключение

Таким образом, проведённые исследования позволяют предложить методику прогнозирования и представления метеорологических условий в виде КПО, по следующему алгоритму:

1. Определяются и рассчитываются основные факторы, влияющие на КПМО.
2. Определяются зоны однотипной погоды по значениям ВНГО и МДВ.
3. Прогнозируются КПМО по зонам однотипной погоды для различных условий оптической маскировки.
4. Прогностические значения КПМО наносятся на электронную топографическую карту.

Верификация предложенной методики, проведенная методом сравнения прогнозируемых данных КПМО с данными наблюдений экипажей, показывает на возможность использования предложенной методики для поддержки принятия метеозависимых решений руководящим и лётным составом в ходе подготовки и производства полётов, а также в автоматизированных системах.

Список литературы

1. Полетная видимость : Монография / В. В. Дорофеев, И. О. Бакланов, А. С. Степанов, И. А. Жильчук, В. И. Ковалёв // – Воронеж, Воронежский ЦНТИ, 2013.
2. Жаренков Л.А., Матвеев Ю.А., Ремянников Е.П. Воздушная навигация в различных условиях полетов. М.: Воениздат, 1985г.
3. Федеральные авиационные правила по производству полетов государственной авиации Российской Федерации (ФАППП ГА-2004). – М : Воениздат, 2004.
4. Федеральные авиационные правила штурманского обеспечения полетов государственной авиации Российской Федерации (ФАПШО ГА – 2011). – М: Воениздат, 2011.
5. Рацимор, М. Я. Наклонная видимость / М. Я. Рацимор // – Метод. Пособие для специалистов ГАМЦ, ЗАМЦ, АМЦ и АМСГ. – Л. : Гидрометеоздат, 1987.
6. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. – М. : Воениздат, 1992.

Представление винеровского процесса рандомизированными системами итерированных функций

А. Г. Буховец, email: abuhovets@gmail.ru

Е. А. Семин, email: 113ghz@mail.ru

Воронежский государственный аграрный университет имени
Императора Петра I

***Аннотация.** В данной работе анализируется связь рандомизированных системы итерированных функций с уравнением броуновского движения. Показано, что при определённых соотношениях значений параметров уравнение Ланжевена переходит в численную схему, эквивалентную рандомизированным системам итерированных функций. Отмечается, что эта система реализуется в случае нарушения условия однородности процесса – по составу и/или ограничениям на движения. Важным преимуществом предложенного подхода является его общность, т.е. обобщение, при котором рандомизированные системы итерированных функций предстают как частный случай некоторой итерационной схемы винеровского процесса.*

***Ключевые слова:** уравнение Ланжевена, винеровский процесс, рандомизированные системы итерированных функций, аттрактор системы*

Введение

Приложения моделей винеровского процесса можно встретить в самых разнообразных областях: теории физики плазмы [11], квантовой теории [7], описании экономических процессов моделью Блэка-Шоулза [2] др. Для вывода этого уравнения предлагается рассмотреть движение взвешенных частиц под действием силы, направление и величина которой случайным образом изменяются. Броуновское движение предлагается рассматривать как предельное представление траектории некоторой частицы, которая движется под действием большого числа столкновений. В дальнейшем для простоты обычно рассматривается лишь одномерный случай движения, который, однако, не ограничивает общность выводов.

1. Получение уравнения броуновского движения

Будем рассматривать одномерное движение частицы в некоторой среде (жидкости или в газе) со скоростью, которая предполагается

пропорциональной силы вязкого трения. Введём следующие обозначения: $X(t)$ – траектория движения частицы, масса m в среде с постоянной температурой, λ – коэффициент сопротивления среды. В нашем случае будет удобнее назвать эту величину коэффициентом взаимодействия с окружающей средой.

Обозначим $v(t) = \frac{dX}{dt}$ скорость движения частицы. Из физических экспериментов было известно, что такая частица испытывает большое количество столкновений в секунду [4], и в том случае, если время t велико по сравнению с длительностью столкновений (длительностью взаимодействия частиц), то общий эффект таких взаимодействий согласно центральной предельной теореме может быть представлен законом нормального распределения. Использование второго закона Ньютона позволяет получить в результате уравнение Ланжевена [4].

$$\frac{dv(t)}{dt} = -\frac{\lambda}{m} v(t) + \frac{dF(t)}{dt}, \quad (1)$$

где через $dF(t)$ обозначены результирующие силы, действующие на частицу. Происхождение этих сил было объяснено тем, что окружающая частицу среда имеет атомно-молекулярное строение. Такие силы впервые были введены Ланжевенем и поэтому называются силой Ланжевена или ланжевеневским источником [8]. Очевидно, что эти силы носят стохастический характер. Согласно центральной предельной теореме выражение $dF(t)$ можно представить как приращение винеровского процесса. При этом предполагается, что силы, действующие на частицу, имеют нулевое среднее значение и постоянную дисперсию.

Уравнение (1) называется стохастическим дифференциальным уравнением [9]. Из условий стационарности, т.е. установившегося режима можно определить значения дисперсии силы и среднее значение скорости. Было показано, что в этом случае решение (1) оказывается стационарным только в случае, когда $v(t)$ имеет нормальное распределение с соответствующими значениями параметров.

Численное решение уравнения

Уравнение (1) можно представить в виде разностной схемы [10]

$$\frac{(X_{n+1} - X_n) - (X_n - X_{n-1})}{\Delta t^2} = -\frac{\lambda}{m} \frac{(X_n - X_{n-1})}{\Delta t} + \frac{F_n - F_{n-1}}{\Delta t},$$

где Δt – шаг сетки. После очевидных преобразований получим

$$X_{n+1} = \left(2 - \frac{\lambda}{m} \Delta t\right) X_n + \left(\frac{\lambda}{m} \Delta t - 1\right) X_{n-1} + (F_n - F_{n-1}) \Delta t .$$

Учитывая, что в этом соотношении сумма коэффициентов при X_n и X_{n-1} равняется единице, т.е. правая часть является выпуклой комбинацией предыдущих значений, $(F_n - F_{n-1}) \Delta t$ представляет «действие» случайной величины за время Δt , удобно считать в дальнейшем это время равным единице.

Тогда полученное уравнение можно представить в следующем виде

$$X_{n+1} = \left(1 + 1 - \frac{\lambda}{m}\right) X_n - \left(1 - \frac{\lambda}{m}\right) X_{n-1} + \Delta F_n$$

или

$$X_{n+1} = \xi X_n + (1 - \xi) X_{n-1} + \Delta F_n ,$$

где введено обозначение $\xi = \left(2 - \frac{\lambda}{m}\right)$.

Предположим, что действующая на частицу сила, обусловленная атомно-молекулярным строением среды, имеет структуру дискретной случайной величины, в отличие от уравнения Ланжевена (1). Введём следующие обозначение этой случайной величины: $\mathbf{Z} = \{Z_j \mid p_j : j = 1, \dots, K\}$, где $p_j = p\{\mathbf{Z} = Z_j\}$ и получим следующее уравнение

$$X_{n+1} = \xi X_n + (1 - \xi) X_{n-1} + Z_j^{(n)} . \quad (2)$$

В этом случае (2) можно рассматривать как вариант рандомизированной системы итерированных функций [1, 5]. Таким образом, численная схема (2), полученная из уравнения Ланжевена заменой нормально распределённой случайной составляющей ΔF_n на дискретную случайную величину \mathbf{Z} , может рассматриваться как некоторое обобщение РСИФ [6].

2. Анализ полученного решения уравнения

Рассмотрим поведение системы (2) при различных значениях параметра. Обратим внимание на то, что начальные значения, как показывает проведённые вычислительные эксперименты, не оказывают влияния на характер получаемых в последствии результатов.

Для наглядности рассуждений и выводов мы использовали простейший вариант модельного примера: рассмотрели двумерный случай трёхточечной фигуры. Это позволило представить результаты в

виде рисунков, отражающих особенности решений и продемонстрировать зависимость решений от значений параметра ξ .

Интерпретация этого параметра $\xi = \left(1 + 1 - \frac{\lambda}{m}\right)$, как можно видеть из его определения, связывает такие свойства процесса как λ – коэффициент взаимодействия с окружающей средой и m – массу частицы. Предварительно величины λ и m нормируются и делаются безразмерными. Параметр ξ отражает как влияние сопротивления среды на движение в ней частицы, так и на поучение внешней энергии от среды. Параметр m представляет массу частицы.

Отношение $\frac{\lambda}{m}$ характеризует плотность среды, в которой происходит движение частицы. В случае когда $\frac{\lambda}{m} > 1$, т.е. $\xi < 1$ система соответствует еще не сформировавшейся структуре. Можно сказать, что этот этап характеризуется процессом саморганизации [12].

По мере приближения значения параметра к единице структурированность системы проявляется чётче. Выражение $\frac{\lambda}{m} = 1$ соответствует состоянию равновесия, при котором численные значения параметров λ и m совпадают. В этом случае уравнение (2) принимает вид стандартной схемы РСИФ [1,3].

В случае выполнения условия $\frac{\lambda}{m} < 1$, которое характеризует протекание процесса в сильно разреженной среде, влияние которой на частицу может быть представлено действием ряда доминирующих факторов. В этом случае переход к центральной предельной теореме, как было отмечено выше, уже не будет являться корректным. Такая ситуация позволяет сделать следующие два вывода. Во-первых, процесс становится принципиально дискретным, т.е. для его описания уже следует использовать разностный аналог уравнения (2). Во-вторых, поскольку условия для появления нормального закона распределения случайной составляющей в значительной степени нарушены, то вместо предельного нормального распределения в рассмотрение вводится некоторая дискретная случайная составляющая величина $\mathbf{Z} = \{Z_j | p_j : 1, 2, \dots, K\}$, характеризующая влияние доминирующего фактора.

Заключение

Завершая анализ численной схемы решения уравнения (2), можно сделать вывод, что рассмотрение уравнения Ланжевена позволяет обобщить РСИФ как некоторый вариант винеровского процесса.

Список литературы

1. Barnsley, M.F. Superfractals / M.F. Barnsley – Cambridge: Cambridge University Press, 2006. – 464 p.
2. Black F. The pricing of options and corporate liabilities/F. Black, Scholes M. //J. Polit.Econ., V. 81, 1973, p.637-654.
3. Bukhovets, A. G. Modeling of fractal data structures / A. G. Bukhovets, E. A. Bukhovets // Automation and Remote Control. – 2012. – Vol. 73. – No 2. – P. 381-385. – DOI 10.1134/S0005117912020154.
4. Араго, М. Линейные стохастические системы с постоянными коэффициентами. Статистический подход: пер. с англ./М Араго// М.: Наука. 1989. – 304 с. – INSB5-02-013934-3.
5. Буховец, А. Г. Моделирование структур данных в задачах классификации: математические модели классификационных задач – теория и практика / А. Г. Буховец. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2012. – 247 с. – ISBN 9783659981074.
6. Буховец, А. Г. Структура аттрактора рандомизированных систем итерированных линейных функций / А. Г. Буховец, Т. Я. Бирючинская // Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 5-10.
7. Игнагов, А. М. Броуновское движение плазменного кристалла / А. М. Игнагов // Физика плазмы. – 2017. – Т. 43, № 6. – С. 560-568. – DOI 10.7868/S0367292117060099. – EDN YTMGEJ.
8. Климонтович, Ю.Л. Статистическая физика /Ю.Л. Климонтович // Москва: Наука, 1982. – 608 с.
9. Пугачев, В. С. Теория стохастических систем / В. С. Пугачев., И. Н. Сеницын. М.: Логос, 2004, 643 с.
10. Самарский, А.А. Теория разностных схем / А.А. Самарский // Москва: Наука, 1977. – 656 с.
11. Фрактальное броуновское движение коллоидных частиц в плазме / К. Г. Косс, И. И. Лисина, М. М. Васильев [и др.] // Физика плазмы. – 2023. – Т. 49, № 1. – С. 33-41. – DOI 10.31857/S0367292122600972. – EDN BFDZFB.
12. Шрейдер, Ю.А. Системы и модели/ Ю.А. Шрейдер, А.А. Шаров //М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.

Принципы построения и основы моделирования систем электроснабжения воздушных судов

С. В. Вещеулова, email: svetlana_vesh1976@mail.ru

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru

А. В. Вещеулов, email: dtotekjd@yandex.ru

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

***Аннотация.** В данной статье представлены базовые принципы построения и основы моделирования систем электроснабжения воздушных судов.*

***Ключевые слова:** модель системы электроснабжения воздушных судов (СЭС ВС), генерирующее звено, вспомогательная силовая установка (ВСУ), машинный преобразователь, аппаратура защиты, распределительное устройство.*

Введение

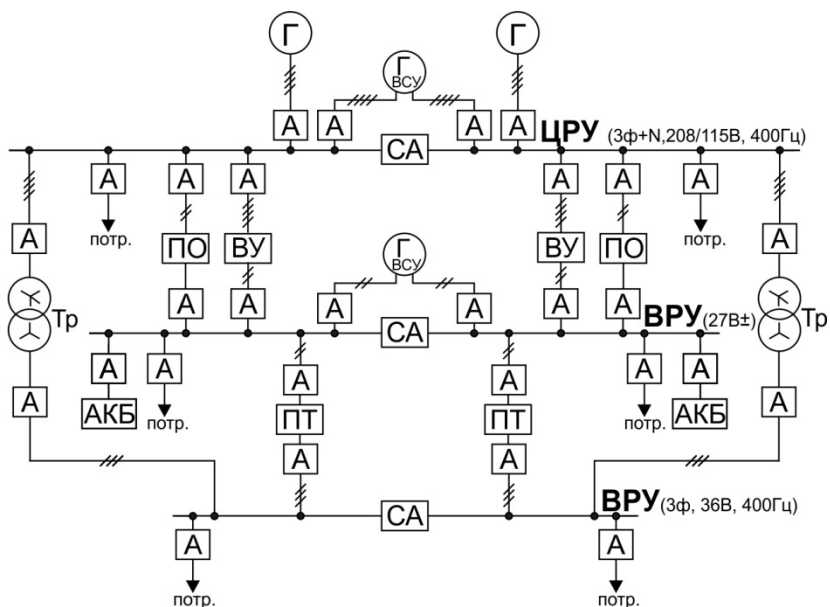
Расширение перечня задач и сфер применения авиации, комплексирование разнородных функций авиационного оборудования в составе единых технических устройств обуславливают повышение тактико-технических требований к системам электроснабжения воздушных судов (ВС) и показателям надежности электроснабжения бортовых потребителей [1]. В свою очередь, современные бортовые электропотребители также предъявляют высокие требования к качеству электроэнергии, передаваемой системами электроснабжения (СЭС).

При анализе функциональных возможностей современных СЭС, являющихся важнейшими компонентами авиационного оборудования, их следует рассматривать в виде разветвленных многокомпонентных электротехнических систем [1, 2].

В соответствии с указанным подходом модельное представление СЭС ВС включают в себя элементы генерирования, передачи, распределения и преобразования электроэнергии, мониторинга и защиты электропотребителей. В связи с тем, что СЭС ВС являются сложными техническими системами, в работе рассмотрены принципы их построения и изложены основы моделирования.

1. Принципы построения систем электроснабжения воздушных судов

Структурная схема СЭС с отображением взаимосвязи ее элементов приведена на следующем рисунке.



Г – генератор, Г_{всу} – генератор вспомогательной силовой установки,
 Тр – трансформатор, ПО – преобразователь однофазный,
 ПТ – преобразователь трехфазный, АКБ – аккумуляторная батарея,
 А – автомат защиты, СА – секционный автомат,
 ВУ – выпрямительное устройство, ЦРУ – центральное
 распределительное устройство, ВРУ – вспомогательное
 распределительное устройство

Рисунок. Структурная схема СЭС ВС

Генерирующее звено, как правило, содержит два и более источника электроэнергии.

Основными источниками электроэнергии на борту ВС являются синхронные или асинхронные генераторы переменного тока, количество которых определяется числом маршевых двигателей.

В качестве дополнительных источников электроэнергии на борту ВС выступают:

1. электрохимические источники электроэнергии – аккумуляторные батареи;

2. синхронные генераторы вспомогательной силовой установки (ВСУ) и генераторы постоянного тока на ВСУ, вращаемые турбиной бортовой ВСУ.

Аэродромные источники питания. Во время обслуживания и подготовки ВС к полету СЭС получают питание от автомобиля аэродромного питания (АПА) или колонки электропитания, подключаемых к ВС через штепсельные разъемы аэродромного питания (ШРАП).

Распределительные устройства исполняются в виде центрального распределительного пункта (ЦРП) и центрального распределительного устройства (ЦРУ), а также вспомогательного распределительного пункта (устройства) (ВРП (ВРУ)), представляющие собой СЭС, которые включают в себя многосекционные (две и более) секции шин с возможностями автоматического включения и отключения секционирования. Секции шин распределительных устройств, как правило, физически разносятся по бортам ВС (левый – правый борт) для повышения надежности и живучести СЭС.

Распределительные устройства (РУ) бывают нескольких видов:

– ЦРП (ЦРУ) РУ 208В – 3 фазы с выведенным нулем при $U_{лин} = 208В$, $U_{фазн} = 115В$; имеют секционирование и автоматическое переключение.

– ВРП (ВРУ) РУ 36В – 3 фазы без нуля при $U_{лин} = 36В$ с функциями питания трехфазных потребителей. Секционирования не имеют и располагаются в непосредственной близости от электропотребителей.

– ВРП (ВРУ) РУ 27В – РУ постоянного тока; служат для питания электропотребителей постоянного тока, получающих питание от выпрямительного устройства (ВУ), аккумуляторов и ВСУ. Могут иметь секционирование, являются однопроводными (+), в качестве (-) используется корпус ВС. Такое конструктивное решение позволяет уменьшить массогабаритные характеристики и снизить стоимость СЭС.

Кроме того, СЭС содержат в своем составе:

– аппаратуру защиты электрооборудования от токов короткого замыкания, перегрузочных токов и пониженных напряжений;

– аппаратуру автоматического и ручного переключения электрооборудования на независимые друг от друга источники электроэнергии.

Применение данной аппаратуры обеспечивает необходимый уровень защиты и надежности электроснабжения потребителей.

Элементы СЭС выполняются в корпусах, щитах, коробах, ящиках, позволяющих обеспечить защиту летного и технического состава от случайного воздействия электрического тока, повысить защищенность электрооборудования от внешних воздействий (температура, влажность, давление, механические воздействия), что увеличивает надежность и безотказность работы [1]. Корпуса и кожухи электрооборудования выполняются из прочных и легких материалов (алюминий, пластмасса, стекло-, углепластик и т.п.), обладающих хорошими диэлектрическими (пластмасса) и электрическими свойствами (алюминий, при необходимости заземления корпуса).

Для проектирования и создания СЭС ВС применяются комплектные и типовые элементы, выпускаемые отечественной промышленностью (провода, коммутационные аппараты, аппараты электрозащиты, аппараты регулирования напряжения, частоты и т.п.).

В СЭС имеются централизованные пульты управления (ЦПУ), устанавливаемые на рабочем месте оператора (летчик, бортинженер), и централизованный преобразователь электроэнергии (ЦПЭ). В его состав входят трансформаторы, машинные преобразователи однофазный (ПО) и трехфазный (ПТ), электромагнитные преобразователи и выпрямительные устройства.

Большое количество различных преобразователей обусловлено разнообразностью электропотребителей. В интересах обеспечения надежности и живучести СЭС элементы ЦПЭ формируются в две и более физически разнесенные группы (левый – правый борт ВС).

2. Основы моделирования систем электроснабжения воздушных судов.

Формулирование вышеизложенных принципов имеют целью построение моделей и установления функциональных взаимосвязей между элементами СЭС, а также между СЭС, ее генерирующим звеном и электропотребителями на борту ВС [3].

Основные генераторы СЭС получают привод путем отбора мощности от маршевых двигателей через приводы постоянной частоты. Частота вращения выходного вала привода является стандартной синхронной частотой, рассчитываемой по формуле:

$$n = \frac{60f}{p},$$

где n – синхронная частота вращения, об/мин; f – частота переменного тока, Гц; 60 – переводной коэффициент в об/минуту; p – число пар полюсов синхронного генератора.

Кроме основных генераторов на ВС различных видов имеются генераторы ВСУ, которые имеют ограниченную мощность и предназначены для питания через ЦРП потребителей первой очереди.

Генераторы – это электрические машины, выходными параметрами которых являются:

- напряжение $U_{\text{фазн}} = 115$ В,
- напряжение $U_{\text{лин}} = 208$ В;
- частота тока $f = 400$ Гц;
- ток номинальный I_n – десятки и сотни ампер.

Генераторы передают электроэнергию на ЦРП.

В составе ЦРП имеется трехфазная система сборных шин, выполненная голыми проводами, закрепленными на корпусе с помощью опорных изоляторов, или изолированными проводами и клеммными колодками. Система шин имеет несколько секций, соединяемых между собой с применением универсального автоматического выключателя, позволяющего автоматически, а также вручную соединять и разъединять секции ЦРП.

Фидеры (места подключения бортового оборудования) представляют собой универсальные автоматы, установочные автоматы, комплект автомата и контактора, комплект рубильника с предохранителями.

Питание для ЦПЭ поступает питание с фидеров ЦРП, от генераторов ВСУ и аккумуляторов.

Преобразователи включают в себя выпрямительные устройства, имеющие в своем составе трехфазные понижающие трансформаторы и трехфазные диодные мосты.

На входы выпрямительных устройств подаются 3 фазы:

- $U_{\text{лин}} = 208$ В;
- частота тока $f = 400$ Гц.

На выходе выпрямительного устройства имеются:

- $U_{\text{вых}} = 27$ В постоянного тока;
- мощность выпрямительных устройств – единицы и десятки киловатт.

Преобразователи типа ПО в зависимости от режима работы получают питание от одного из трех источников: выпрямительных устройств, ВСУ или аккумулятора.

Входное напряжение питания:

– $U_{ex}=27$ В постоянного тока.

Выходное напряжение:

– $U_{вых}=115$ В, однофазное, частота – 400 Гц;

– мощность преобразователей – единицы киловольтампер.

Преобразователи типа ПТ являются трехфазными.

На вход преобразователей подается:

– $U_{ex}=27$ В постоянного тока.

На выходе преобразователей имеется:

– $U_{лин}=36$ В – три фазы, частота – 400 Гц;

– мощность – единицы вольтампер.

В зависимости от режима работы они запитываются от одного из трех источников: ВУ (в штатном режиме работы), ВСУ, АКБ (аккумуляторная батарея).

Понижающие трансформаторы получают питание от одного из двух источников: фидер ЦРУ (в штатном режиме работы), генератор ВСУ.

Входное напряжение питания – $U_{лин}=208$ В – три фазы, частота – 400 Гц.

Выходное напряжение – $U_{лин}=36$ В – три фазы, частота – 400 Гц.

Вспомогательные РУ предназначены для запитывания ЦПЭ от ВСУ, АКБ для распределения по потребителям электроэнергии от ЦПЭ.

3. Требования и ограничения при моделировании систем электроснабжения воздушных судов.

Построение моделей СЭС ВС выполняется при следующих требованиях и ограничениях.

В связи с наличием на борту ВС большого числа электропотребителей СЭС должны содержать несколько каналов генерации и распределения, иметь резервные источники и преобразователи электроэнергии.

Разнообразие бортовых потребителей, выпускаемых отечественной промышленностью [4, 5], диктует наличие в бортовых СЭС несколько уровней напряжения.

Требование безопасности эксплуатации СЭС определяет ограничение верхнего уровня напряжения менее 1000 В.

Бортовые СЭС изготавливаются из материалов стойких к воздействию агрессивных внешних факторов, таких как пониженная температура, низкое давление, высокая влажность, резкие перепады вышеприведенных факторов, повышенная радиация.

Заключение

Таким образом, анализ принципов моделирования и факторов, влияющих на формализованное описание процессов функционирования СЭС, можно сделать вывод.

Построение моделей СЭС ВС заключается в поиске компромиссных технических решений, позволяющих при достижении требуемых функциональных свойств выполнить ограничения по цене и массогабаритным показателям. При этом необходимо учесть, что надежность, живучесть СЭС должны оставаться на уровне, установленном для выполнения целевых функций ВС.

Список литературы

1. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов. – М. : Энергия, 2009. – 455с.
2. Устинов, С. М. Метод упрощения математических моделей для управления демпферными свойствами электроэнергетических систем / С. М. Устинов // Известия РАН. Энергетика. – 2002. – № 2. – С. 44-51.
3. Груздев, И. А. Разработка методов и программного обеспечения для анализа статической устойчивости и демпферных свойств энергосистем / И. А. Груздев, И. А. Масленников, С. М. Устинов // Методы и программное обеспечение для расчетов устойчивости энергосистем. СПб. : ФЭО, 2012. – С. 66-88.
4. Иванов-Смоленский, А. В. Электрические машины / А. В. Иванов-Смоленский. – М. : Энергия, 1980. – 928 с.
5. Чунихин, А. А. Электрические аппараты. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.

Модель оптимизации и комплексного использования способов

А. И. Деркачев, email: meteo_box@mail.ru

Д. А. Молодых, email: meteo_box@mail.ru

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

***Аннотация.** Реализуемое в реальных условиях комплексное использование способов прогноза конвективной облачности сводиться к определению лишь результатов вычисления определенными способами. В статье рассмотрим оптимизацию прогнозов гроз и комплексное их использование, которое позволяет повышать качество успешности прогнозирования конвективной облачности при выполнении поставленных задач в повседневной деятельности.*

***Ключевые слова:** Оптимизация, прогноз опасных явлений, гроза, конвективная облачность, комплексирование.*

Введение

Задача улучшения методов прогноза погоды должна решаться на основе совершенствования прогностических методик.

Основным методом разработки краткосрочных прогнозов погоды является синоптический метод, который опирается на численный гидродинамический прогноз синоптического положения, а прогноз отдельных метеорологических величин и опасных явлений погоды, в основном разрабатывается физико-статистическими методами.

В общем случае процесс создания прогностического метода можно представить следующим образом:

- анализ физических закономерностей рассматриваемого процесса;
- установление прогностических связей между предыдущим и будущим состоянием;
- нахождение решающего правила в определении формулировки прогноза.

Методы прогноза, основанные на использовании статистических связей, принято называть физико-статистическими.

Они, в отличие от гидродинамических методов прогноза, отражают реальные, а не моделируемые атмосферные процессы, так как они устанавливаются на материалах реальных наблюдений и учитывают

косвенным образом влияние даже тех факторов, которые не рассматривались при анализе физических закономерностей.

Одними из наиболее применяемых физико-статистических методов прогноза являются методы регрессионного и дискриминантного анализа.

Применение этих методов в оперативной практике более эффективно, чем существующие графические способы. Во-первых, в ходе разработки прогноза необходимо рассчитывать по графикам различные промежуточные метеорологические элементы. При расчете по графикам это занимает очень много времени. Во-вторых, в ходе графических построений, проведения параллельных линий, нахождения точек пересечения, возможно большое количество ошибок и неточностей при интерполяции.

Оптимизация прогнозов грозовых явлений

Применяя же методы дискриминантного и регрессионного анализа в аналитическом виде, нужно всего лишь рассчитать несколько выражений. Этот процесс ускоряется путем использования ЭВМ. Таким образом, в применении методов дискриминантного и регрессионного анализа много плюсов: точность, почти полное исключение случайных ошибок и, при использовании ЭВМ, высокая оперативность в разработке прогнозов.

Повышение эффективности прогнозов может быть достигнуто путем совместного использования прогностических методов. При параллельной комплексации по результатам прогнозов строится таблица сопряженности. В данной таблице под (1) понимается наличие явления, под (0) – отсутствие явления. Номера двоичных чисел в заголовке таблицы соответствуют номерам прогностических методов. Первому двоичному числу (0 или 1) соответствует прогнозы по методу Вайтинга, второму – по методу Решетова и третьему - по методу Vertical totals index (VTI).

Далее рассчитываются условные вероятности случаев с грозой, при каждом сочетании методов по формуле 1:

$$P_{яв} = \frac{n_{яв}}{N} \quad (1)$$

После чего составляется таблица сопряженности, куда записываются данные расчетов вероятностей (табл. 1).

Таблица 1

Сопряженность параллельного комплекса

Явление	Сочетание методов							
	000	001	010	100	011	101	110	111
Гроза	1	0	1	5	2	0	12	17
Без грозы	25	0	6	12	1	0	22	16
Всего	26	0	7	17	3	0	34	33
P(%)	4	0	14	29	67	0	35	52

При анализе таблицы сопряженности параллельного комплекса было разработано прогностическое правило. В данном правиле были выбраны наибольшие вероятности, которые получились при сочетании таких методов как Вайтинг (0), Решетов (1), VTI (1) с вероятностью грозы 67% и Вайтинг (1), Решетов (1), VTI (1) с вероятностью грозы 52%. При остальных сочетаниях методов вероятность возникновения конвективной облачности крайне мала.

После чего данное прогностическое правило было проверено на независимой выборке. Таблица сопряженности и критерии успешности прогностического правила приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Таблица сопряженности прогностического правила

Факт	Прогноз		Сумма
	Гроза	Без грозы	
Гроза	18	6	24
Без Грозы	11	25	35
Сумма	29	31	60

Таблица 3

Критерии успешности прогностического правила

Критерии успешности				
P	P+	P-	H	Q
71,67	75	69,44	0,43	0,44

Сравнивая критерии эффективности лучшего способа прогноза гроз в районе аэродрома Армавир с параллельным комплексом, можно сделать вывод, что оправдываемость увеличилась на 14%, критерии Багрова и Обухова увеличились на 23% и 18% соответственно. Эти параметры подтверждаются расчетами по контрольной выборке.

Заключение

В статье рассматривалась оптимизацию прогнозов гроз и комплексное их использование, которое позволяет повышать качество успешности прогнозирования конвективной облачности при выполнении поставленных задач в повседневной деятельности.

Как показывает практика, использование параллельного комплекса увеличивает объем вычислений, но позволяет улучшить качество прогноза явления погоды в данном районе базирования.

Таким образом, параллельная комплексация повысила эффективность прогноза грозы в районе аэродрома Армавир.

Список литературы

1. Шакина, Н. П. Прогнозирование метеорологических условий для авиации : научно-методическое пособие / Н. П. Шакина, А.Р. Иванова // – М. : Росгидромет, 2016. – С. 252.
2. Дорофеев, В. В. Авиационная метеорология : Учебное пособие / В. В. Дорофеев, А. Н. Маслобойщиков // – Воронеж : ВАИУ, 2010. – С. 275.
3. Кмито, А. А. Общий курс метеорологии. Часть II / А. А. Кмито, П. И. Смирнов // – Л. : Гидрометеиздат, 1959. – С. 181.
4. Беспалов, С. В. Синоптическая метеорология. Часть 2 : учебное пособие / С. В. Беспалов [и др.] ; отв. ред. А. Н. Неижмак – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2013. – С. 160.
5. Метеорологическая информация для метеорологической службы [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа : <http://www.studopedia.ru/help/el-cat.html>

Модель расчета дальности обнаружения малоразмерных объектов при выполнении поисково-спасательных работ

В. В. Дорофеев, email: meteo_box@mail.ru

А. А. Насонов, email: meteo_box@mail.ru

А. С. Голунов, email: meteo_box@mail.ru

В. С. Базанов, email: meteo_box@mail.ru

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

***Аннотация.** При проведении поисково-спасательных работ на первом этапе необходимо оценить район поиска, а также дальность обнаружения и опознавания объектов поиска для расчета условий полета – высоты, скорости, ширины полосы поиска. В статье представлена модель, позволяющая рассчитать дальность обнаружения и опознавания объектов поиска (как правило, малоразмерных), путем учета характеристик объекта и условий полета.*

***Ключевые слова:** малоразмерный объект, поисковые работы, дальность обнаружения, полетная видимость, прозрачность атмосферы.*

Введение

В современном мире технологических достижений и высокоразвитых обществ, поисково-спасательные операции играют ключевую роль в обеспечении безопасности людей и эффективной реакции на чрезвычайные ситуации. Однако существует актуальная проблема, связанная с обнаружением и локализацией малоразмерных объектов, таких как люди, обломки, или другие важные предметы, в условиях разнообразных терренгов, стихийных бедствий и условий видимости. Несмотря на значительные усилия, предпринимаемые в этой области, эффективность поиска и спасения может сталкиваться с ограничениями при работе с малоразмерными объектами, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований.

Цель работы заключается в анализе существующих методов поиска малоразмерных объектов и разработке новых подходов, направленных на повышение эффективности поисково-спасательных операций, а также на практическую применимость результатов исследования в

реальных условиях, чтобы обеспечить улучшение процессов поиска и спасения в различных сценариях чрезвычайных ситуаций.

Видимость является одним из ключевых факторов, оказывающих влияние на дальность обнаружения малоразмерных объектов в ходе поисково-спасательных операций. В различных условиях освещенности, погодных явлениях и времени суток видимость может существенно изменяться.

Например, туман или дым могут существенно ограничить возможности визуального обнаружения малоразмерных объектов. С другой стороны, при ясной погоде и хорошей видимости возможности визуального обнаружения увеличиваются, что позволяет выполнять поиск с большей эффективностью. Тем не менее, даже в благоприятных условиях важно учитывать аспекты, такие как линейный размер, контрастность объекта поиска, а также условия полета (путевую скорость и высоту полета) для более точного обнаружения и опознавания малоразмерных объектов.

Таким образом, важно проводить исследования, направленные на улучшение систем и методов обнаружения, которые учитывают различные условия видимости, с целью обеспечения эффективности поисково-спасательных работ в широком спектре сценариев.

1. Модель расчета дальности обнаружения малоразмерных объектов

Построение модели расчета дальности обнаружения ($D_{об\ MPO}$) малоразмерных объектов необходимо для выбора способа проведения поиска, спасания и эвакуации раненых, экипажей, терпящих бедствие. Они строятся по значениям полетной дальности видимости малоразмерных объектов (ПДВ МРО).

В настоящее время в руководящих документах при поисково-спасательном обеспечении малоразмерных объектов, терпящих бедствие, дальность обнаружения ($D_{об\ MPO}$) и дальность опознавания ($D_{оп\ MPO}$) рассчитываются по эмпирическим формулам по значениям метеорологической дальности видимости (МДВ) [1]:

$$D_{об\ MPO} = 0,8МДВ \quad (1)$$

$$D_{оп\ MPO} = 0,65D_{оп\ MPO} \quad (2)$$

Эти модели не позволяют учесть ПДВ МРО.

Для расчета $D_{об\ MPO}$ предлагается использовать модель, представленную формулой (1), которая позволяет учесть характеристики объекта поиска и условия полета:

$$D_{\text{ОБ МРО}} = \sqrt{S_{\text{ПДВ МРО}}^2 - H_{\text{пол}}^2}, \quad (3)$$

где $H_{\text{пол}}$ – высота полета ВС, м; $S_{\text{ПДВ МРО}}$ – ПДВ МРО, м.

Расчет $D_{\text{ОП МРО}}$ выполняется с учетом времени аккомодации наблюдателя (уровня подготовки летного состава), ведущего поиск, необходимого для опознавания малоразмерных объектов, и рассчитывается по формуле:

$$D_{\text{ОП МРО}} = D_{\text{ОБ МРО}} - w \cdot t_{\text{ак}}, \quad (4)$$

где w – путевая скорость полета ВС, м/с; $t_{\text{ак}}$ – время аккомодации зрения пилота (в среднем составляет 2,5-4 с) [2].

Расчет ПДВ МРО производится для одного из основных типов распределения горизонтальной видимости с высотой (ТРГВ), который зависит от синоптической обстановки. Выделяют 4 основных ТРГВ [2].

1. ТРГВ: быстрое непрерывное ухудшение горизонтальной видимости (дымка, морось, мелкий снег) от поверхности земли до ВНГО ($\text{ВНГО} \leq 150$ м при $\text{МДВ} \leq 3$ км, относительная влажность воздуха у поверхности земли – более 95 %, скорость ветра не более 6 м/с).

2. ТРГВ: медленное ухудшение горизонтальной видимости вблизи земли (дымка, морось, мелкий снег), а затем быстрое при приближении к ВНГО ($150 \text{ м} < \text{ВНГО} \leq 200$ м при $1 \text{ км} \leq \text{МДВ} \leq 4$ км, относительная влажность воздуха у поверхности земли – от 91 % до 96 %, скорость ветра не более 8 м/с).

3. ТРГВ: постоянная видимость до уровня конденсации (дымка, морось, мелкий снег), а в слое подоблачной дымке происходит ухудшение видимости по квадратичному закону до ВНГО ($200 \text{ м} < \text{ВНГО} < 400$ м при $1 \text{ км} < \text{МДВ} \leq 8$ км, относительная влажность воздуха у поверхности земли – от 91 % до 96 %, скорость ветра не более 8 м/с).

4. ТРГВ: постоянная видимость, равная МДВ до ВНГО (приземная дымка, слабый снег, $400 \text{ м} \leq \text{ВНГО} \leq 800$ м при $1 \text{ км} < \text{МДВ} \leq 10$ км, относительная влажность воздуха у поверхности земли – от 91 % до 96 %, скорость ветра не более 8 м/с).

ПДВ МРО с учетом высоты и путевой скорости полета воздушного судна определяется формулой [3]:

$$S_{\text{ПДВ}} = L_{\text{явл}} \frac{H_{\text{пол}}}{\ln\left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \cdot \cos \Theta \cdot \int_0^{H_{\text{пол}}} \frac{dH_{\text{пол}}}{S_{\text{ПДО}}}} D \quad (5)$$

где $H_{пол}$ – высота полета ВС, м; Θ – угол визирования; ϵ – порог контрастной чувствительности глаза; $S_{ПДО}$ – порог дальности обнаружения малоразмерного объекта (ПДО МРО), м; $dH_{пол}$ – слои, характеризующие распределение горизонтальной видимости с высотой, м; $L_{явл}$ – экспериментально установленные коэффициенты ($L_{дымка}=1$, $L_{дождь}=0,91$, $L_{снег}=0,84$, $L_{морось}=0,8$); D – коэффициент относительной видимости реального объекта, рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{\ln\left(\frac{K}{\epsilon}\right)}{\ln\left(\frac{1}{\epsilon}\right)} \quad (6)$$

где K – яркостный контраст объекта.

ПДО МРО зависит от условий оптической маскировки, которая определяется величиной яркостного контраста K [3-5]:

- $K = 0,2$ – объект считается малозаметным;
- $K = 0,6$ – объект считается средне заметным;
- $K = 0,9$ – объект считается хорошо заметным.

2. Алгоритм расчета полетной дальности видимости малоразмерных объектов

Расчет ПДВ МРО осуществляется по следующему алгоритму:

1. Определяется линейный размер объекта поиска.
 2. В соответствии с данными [3] для линейного размера определяется критическое расстояние ($d_{кр}$), на котором его угловые размеры становятся менее 15.

3. Для этого расстояния $d_{кр}$, при достижении которого объект становится малоразмерным, рассчитывается критическое значение прозрачности атмосферы $\tau_{кр}$, рассчитываемая по формуле [6]:

$$\tau_{кр} = \exp\left(\frac{\ln\frac{1}{\epsilon}}{МДВ} \cdot l\right), \quad (7)$$

где l – длина измерительной базы технических средств измерения прозрачности атмосферы, м.

В табл. 1 представлены значения критического расстояния ($d_{кр}$), на котором угловые размеры объекта становятся менее 15' в зависимости

от его линейного размера (L), и критической прозрачности атмосферы $\tau_{кр}$ при $l = 100$ м.

Таблица 1

Значения критического расстояния $d_{кр}$ для объекта линейного размера (L) и для различных значений $\tau_{кр}$

	Линейный размер, м.			
	1	2	3	4
Критическое расстояние ($d_{кр}$), м	250	500	750	1000
Критическая прозрачность атмосферы $\tau_{кр}$, (%)	0,46	0,63	0,73	0,79

4. Рассчитывается значение ПДО МРО ($S_{ПДО}$) [6]:

$$S_{ПДО} = 1700 \cdot L \cdot K \cdot \tau_{кр} \quad (8)$$

ПДО МРО – это условное выражение прозрачности атмосферы через расстояние, при котором теряется видимость этого МРО на любом реальном фоне [6].

В таблице 2 представлены рассчитанные значения ПДО МРО по значениям $\tau_{кр}$ для различных значений его линейного размера (L) и яркостного контраста (K).

Таблица 2

Значения ПДО МРО по значениям $\tau_{кр}$ для различных значений его линейного размера (L) и яркостного контраста (K)

Линейный размер	Яркостный контраст		
	0,9	0,6	0,2
1	700	500	200
2	1900	1300	500
3	3400	2300	750
4	4800	3200	1000

5. По формуле (1) рассчитывается значение ПДВ МРО [2, 3].

3. Пример расчета полетной дальности видимости малоразмерных объектов

В качестве примера на рис. 1-2 представлены графики зависимости ПДВ МРО от путевой скорости и высоты полёта вертолёта при различных яркостных контрастах объекта (K) во II ТРГВ и IV ТРГВ для различных явлений погоды при высоте полета $H_{пол} = 50$ м и объекта линейными размерами $L = 2$ м.

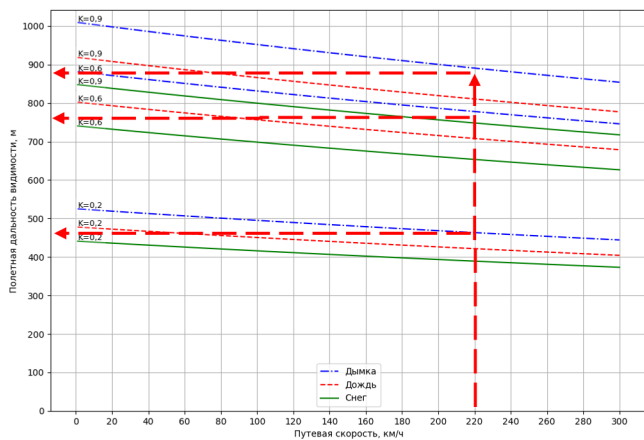


Рис. 1. Зависимость ПДВ МРО от путевой скорости полета во II ТРГВ

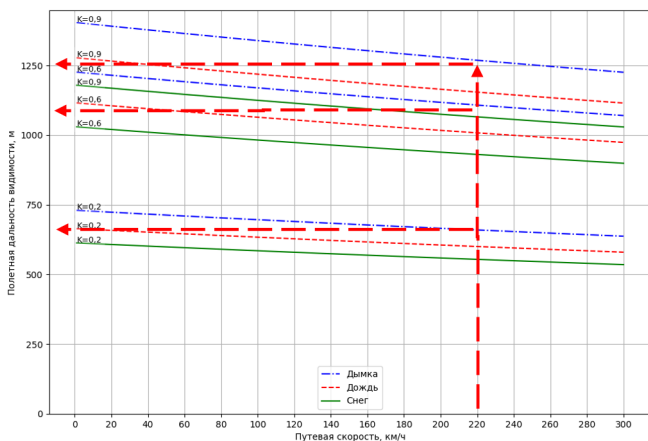
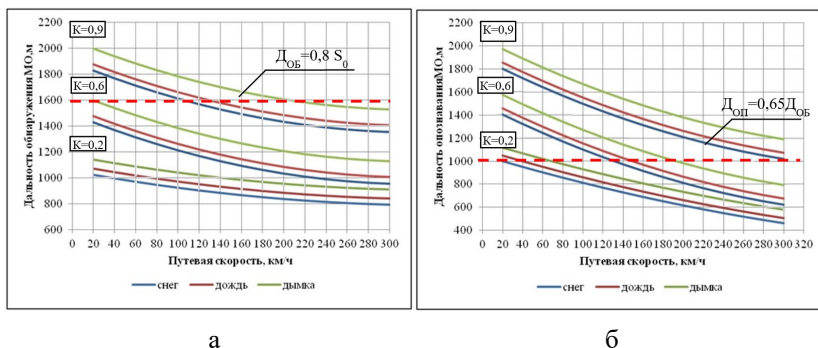


Рис. 2. Зависимость ПДВ МРО от путевой скорости полета в IV ТРГВ

Анализ зависимости ПДВ МРО от путевой скорости на высоте полета (рис. 1-2) показал, что она зависит от ТРГВ. Так в IV ТГРВ ПДВ МРО в 1,7-1,9 раза больше, чем во II ТРГВ при всех значениях K .

В качестве примера на рис. 3 приведена зависимость $D_{об\ МРО}$ (а) и $D_{оп\ МРО}$ (б) от путевой скорости полета и коэффициента

контрастности объекта ($K=0,2; 0,9$) на высоте полёта $H_{пол}=50$ м, при условиях во II ТРГВ.



а – дальность обнаружения, б – дальность опознавания
 Рис. 3. Зависимость значений дальности обнаружения и опознавания объектов от путевой скорости полёта

Закключение

Таким образом, анализ значений $D_{об\ МРО}$ и $D_{оп\ МРО}$ показал, что при $L=4$ м, полете на высоте $H_{пол}=50$ м для $K=0,9$ значения $D_{об\ МРО}$ изменяются от 1350 м до 2000 м, а значения $D_{оп\ МРО}$ – от 1000 м до 1950 м; для $K=0,6$ значения $D_{об\ МРО}$ изменяются от 1000 м до 1600 м, а значения $D_{оп\ МРО}$ – от 600 м до 1600 м; при $K=0,2$ значения $D_{об\ МРО}$ изменяются от 800 м до 1150 м, а значения $D_{оп\ МРО}$ – от 450 м до 1100 м. При сравнении расчетов для по существующим моделям расчета $D_{об\ МРО}=0,8МДВ=1600$ м, $D_{оп\ МРО}=0,65 D_{об\ МРО}=1040$ м, что при $K=0,6$ больше, чем в предложенных моделях в 2-2,5 раза, а при $K=0,2$ – в 3-4 раза. Анализ значений ПДВ МРО показал, что существующие модели и методики не отражают реальные $D_{об\ МРО}$ и $D_{оп\ МРО}$, а при их использовании появляется большая погрешность в оценке условий поиска целей.

Это объясняется тем, что МДВ является статической характеристикой видимости, которая не учитывает путевую скорость, высоту полета, ТРГВ и линейный размер МРО.

Список литературы

1. Береснев Д.С. Информационно-аналитические модели и алгоритмы поддержки управления поисково-спасательными операциями в природной среде: автореферат диссертации на соискание учён. степ. канд. техн. наук (05.13.10) / Береснев Д.С.; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. – Москва, 2019. – 25 с.
2. Коверзнев Е.А. Навигационное обеспечение поисково-спасательных работ в местности со сложным рельефом на базе спутниковых и автономных средств навигации: автореферат диссертации на соискание учен. степ. канд. техн. наук (05.22.13) / Коверзнев Е. А.; Московский Государственный технический университет гражданской авиации. – Москва, 2006. – 20 с.
3. Шойгу С.К. Учебник спасателя / С.К. Шойгу, М. И. Фалеев, Г. Н. Кириллов и др.; под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Краснодар: «Сов. Кубань», 2002. – 528 с.
4. Приказ Министра Обороны Российской Федерации от 24.09.2004 № 275 "Об утверждении Федеральных авиационных правил производства полетов государственной авиации" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 10.11.2004 № 6110).
5. Астапенко П.Д. Требования к прогностической информации при обеспечении полётов гражданской авиации / П.Д. Астапенко // Межвузовский сборник научных трудов. Л., ОЛАГА 1981. С. 3–31.
6. Рацимор М.Я. Характеристика изменчивости наклонной и горизонтальной видимости по экспериментальным данным. / М.Я. Рацимор. – В кн.: Труды Всесоюзной конференции по вопросам метеорологического обеспечения. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 284-289.

Модель расчета горизонтальной полетной дальности видимости шаров-маркеров линий электропередач при визуальных полетах на предельно малых высотах

В. В. Дорофеев e-mail: meteomilitary@yandex.ru

А. В. Степанов e-mail: step_al@mail.ru

А. А. Насонов e-mail: alexeynasonov@list.ru

М. Ю. Подгузов e-mail: meteomilitary@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. Гагарина и Жуковского» (г. Воронеж)

***Аннотация.** В статье представлена модель расчета горизонтальной полетной дальности видимости шаров-маркеров линий электропередач при визуальных полетах на предельно малых высотах.*

***Ключевые слова:** Авиационное происшествие, горизонтальная полетная дальность видимости, сигнальные шары-маркеры.*

Введение

Анализ результатов расследования авиационных происшествий (АП) в коммерческой авиации и авиации общего назначения показал, что за 10 лет (2013 - 2022 год) в Российской Федерации произошло 25 АП, связанных со столкновением воздушных судов (ВС) с линиями электрических передач (ЛЭП). Это составляет 49,0 % от количества АП, произошедших по метеорологическим условиям и 6,6 % от общего количества АП [1]. Попадание ВС в ЛЭП привело к гибели 26 человек, что составляет 6,9% от общего числа погибших в АП. Все случаи столкновений ВС с проводами ЛЭП происходили при выполнении визуальных полетов на предельно малых высотах (менее 100 метров) (рис. 1).

В связи с этим при визуальных полетах на предельно малых высотах возрастает роль визуальной ориентировки, которая требует от командира ВС (КВС) определённых навыков распознавания, встречающихся на маршруте препятствий в виде ЛЭП на высоте полета [1, 2].

Все столкновения ВС с ЛЭП произошли днем, из них 88% при ясной погоде, так как провода ЛЭП практически не заметны на окружающем фоне. Для визуального обнаружения ЛЭП разработаны требования по маркировке сигнальными шарами-маркерами (СШМ) (рис. 2). В обязательном порядке маркировка производится в местах выполнения авиационных работ. Расстояние между СШМ выбирается из

расчёта его размера и составляет от 30 до 40 м. В дневное время СШМ заметен за счёт высокого контраста (цвет СШМ: красный, оранжевый, белый) [2].

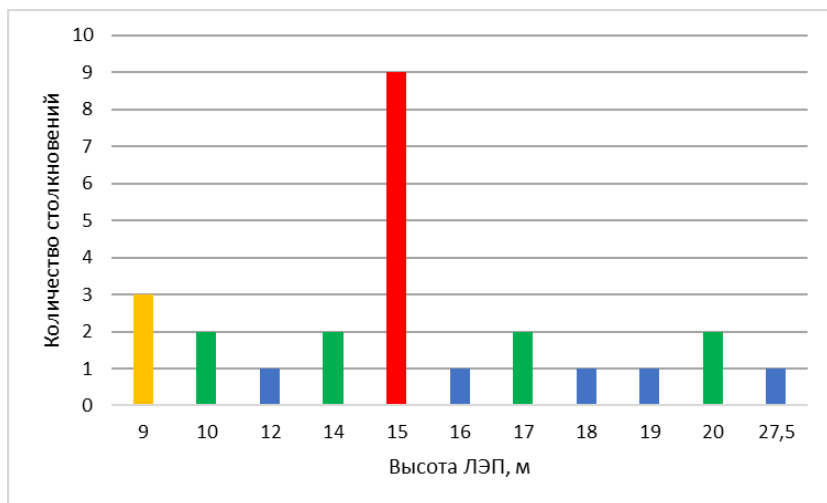


Рис. 1. Количество столкновения ВС с ЛЭП на различных высотах полета



Рис. 2. Размещение сигнальных шаров-маркеров на проводах линий электропередач

СШМ размещаются непосредственно на проводах ЛЭП, с таким учётом, чтобы их можно было своевременно обнаружить и распознать.

Разработка моделей

При метеорологическом обеспечении визуальных полетов в районах, где расположены ЛЭП, возникает противоречие между метеорологической информацией о видимости, представляемой в прогнозах погоды как метеорологическая дальность видимости (МДВ) и необходимой горизонтальной полетной дальностью видимости (ГПДВ) СШМ ($S_{гпдвсшм}$) на предельно малых высотах [1,3].

Для разрешения противоречия требуется решение научной задачи по построению модели расчета ГПДВ СШМ на предельно малых высотах.

Целью статьи является повышение качества метеорологического обеспечения безопасности полетов по правилам визуальных полетов (ПВП) путем построения модели расчета ГПДВ СШМ.

Модель расчета ГПДВ СШМ на предельно малых высотах представлена формулой [4, 5, 6]:

$$S_{гпдвсшм} = L_{явл} (S_0 - wt)$$

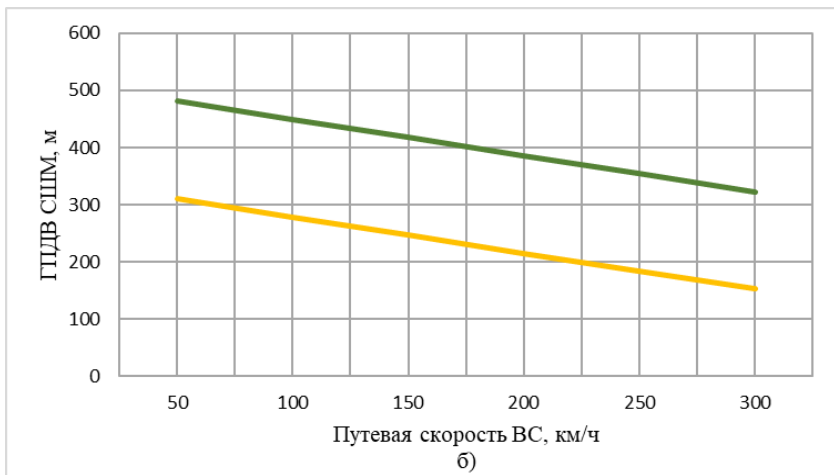
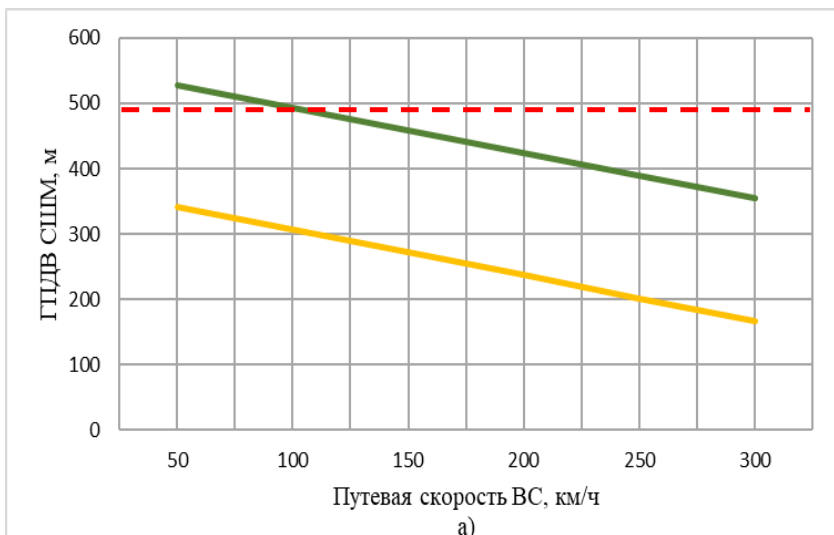
где $L_{явл}$ - коэффициент, учитывающий явления погоды ($L_{дымка} = 1$, $L_{дождь} = 91$, $L_{снег} = 0,84$, $L_{морось} = 0,8$); w - путевая скорость полета, м/с; t - время аккомодации зрения пилота (в среднем 2,5 с), с; S_0 - видимость СШМ, м, которая рассчитывается по формуле [7]:

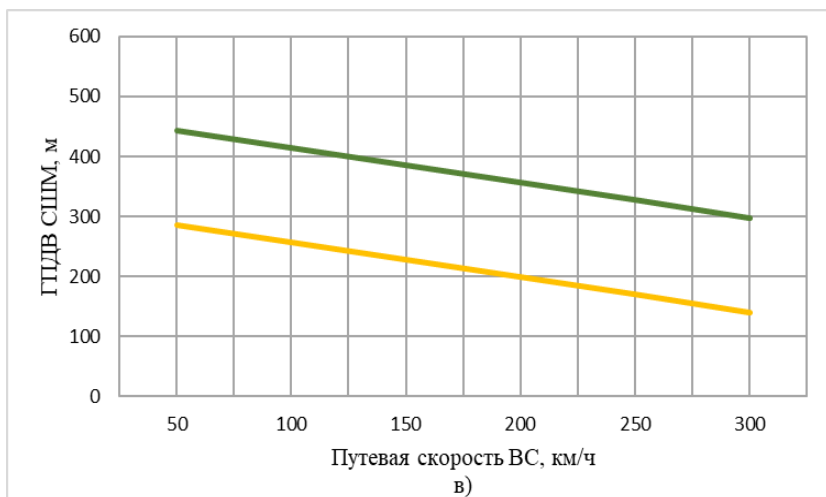
$$S_0 = 1700 \cdot L \cdot K \cdot \tau_{кр} \quad (2)$$

где L - линейный размер СШМ ($L = 0,8$ м), м; K - яркостный контраст СШМ ($K = 0,9$ - на фоне неба; $K = 0,6$ - на фоне гор), $\tau_{кр}$ - критический коэффициент прозрачности атмосферы ($\tau_{кр} = 0,46$).

На рис. 3 представлена зависимость ГПДВ СШМ от путевой скорости ВС при различных явлениях погоды.

Минимально допустимое удаление от ЛЭП ($S_{без}$), которое обеспечивает безопасный обход ЛЭП, оборудованных СШМ должно быть не менее 500 м.





а) дымка, б) дождь, в) снег, линейный размер СШМ $L=0,8$ м, высота полета 15 м, для $K=0,6$, $K=0,9$ в IV ТРГВ: ВНГО = 600 м

Рис. 3. Зависимость ГПДВ СШМ от путевой скорости ВС и явления погоды

Заключение

Анализ рис. 3 показывает:

– ГПДВ СШМ зависит от путевой скорости ВС: ГПДВ СШМ уменьшается с увеличением путевой скорости ВС.

– ЛЭП, оборудованные СШМ заметны с расстояния $S_{без}$ на скоростях полета ВС менее 100 км/ч в дымке на фоне неба, а на скоростях полета ВС более 100 км/ч в дымке на фоне неба, и при всех скоростях полета ВС в дожде и снеге ЛЭП, оборудованные СШМ не заметны с расстояния $S_{без}$.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что безопасное выполнение полетов по ПВП в районе ЛЭП, оборудованных СШМ, возможно только при дымке на скоростях полета ВС до 100 км/ч.

Список литературы

1. Ежегодный доклад Межгосударственного авиационного комитета.

2. Насонов, А.А. Модель оценки метеорологических условий при планировании авиационных работ и полетов на местных воздушных линиях / А.А. Насонов, В.В. Дорофеев, А.В. Степанов // Стратегическая

стабильность. Военно-теоретические проблемы. – 2021. – №1(94). – С. 64-67.

3. НМО ГА. – 1995.

4. Полетная видимость : Монография / В.В. Дорофеев, И.О. Бакланов, А.С. Степанов, И.А. Жильчук, В.И. Ковалёв / – Воронеж, Воронежский ЦНТИ. – 2013. – С. 250.

5. Рацимор, М.Я. Наклонная видимость / М.Я. Рацимор // Методическое пособие для специалистов ГАМЦ, ЗАМЦ, АМЦ и АМСГ. – Ленинград, – 1988. – С. 236.

6. Насонов, А.А. Расчет видимости малоразмерных объектов. Свидетельство о регистрации №2023612502 от 03.02.2013 года / А.А. Насонов, А.В. Степанов, В.В. Дорофеев.

7. Научно-методический подход к формализации критерия видимости объекта в условиях оптической маскировки / Д. В. Бут, В.А. Васильев, В. В. Дорофеев, А.В. Степанов // Вестник Тамбовского университета. – Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18 – С. 459-466.

Проверка гипотезы о соответствии распределения яркости изображения облачности нормальному закону

А. И. Драбо, email: pigarev.andr@yandex.ru ¹

А. Е. Пигарев, email: pigarev.andr@yandex.ru ²

Р. М. Корсаков, email: pigarev.andr@yandex.ru ¹

¹ ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

² ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт ВВС»
Министерства обороны Российской Федерации

***Аннотация.** Представлены результаты проверки гипотезы о соответствии распределения яркости изображения облачности на спутниковых снимках нормальному закону.*

***Ключевые слова:** яркость изображения, закон нормального распределения, критерий согласия Пирсона.*

Введение

Информация, получаемая с метеорологических искусственных спутников Земли, является одним из основных видов информации необходимой для диагноза и прогноза синоптического положения и погодных условий. Пример данного вида информации приведен на рис. 1. Кроме того, требуется анализ различных карт погоды (рис.2).



Рис. 1. Пример спутникового снимка облачности

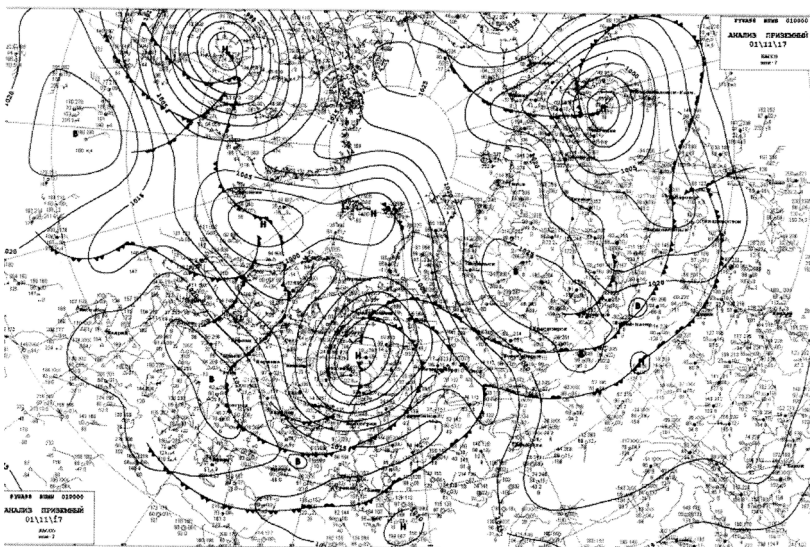


Рис. 2. Синоптическая карта погоды

Результаты проверки гипотезы

Цифровая обработка спутниковых снимков облачности возможна с использованием различных математических пакетов, например Mathcad. Команда READBMP позволяет получить матрицу яркости изображения, фрагмент которой показан на рис. 3

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	226	226	226	226	225	226	228	230	230	230
1	226	226	227	226	226	227	229	230	230	230
2	226	227	227	227	227	228	230	231	231	231
3	226	227	227	227	227	228	230	232	232	231
4	226	226	226	227	227	229	230	232	232	230
5	227	227	227	227	228	229	231	232	231	229
6	228	228	227	227	228	230	231	232	229	228
7	229	228	228	228	229	230	231	232	229	227
8	230	229	228	228	229	230	231	231	230	228
9	228	228	228	229	229	230	231	231	229	227
10	227	228	229	230	229	230	230	231	229	225
11	226	228	230	230	230	229	230	231	228	224
12	225	228	230	231	230	229	229	230	227	224
13	225	228	230	231	230	228	228	229	227	224
14	226	228	230	231	230	228	228	227	226	223
15	227	228	230	231	230	228	227	227	226	...

Рис. 3. Матрица яркости изображения

Целью работы явилась проверка статистической гипотезы о соответствии выборочного распределения яркости изображения облачности в передней части, теплом секторе и тыловой части циклона нормальному закону распределения для использования этого параметра в качестве предиктора при разработке физико-статистического способа диагноза и прогноза синоптического положения.

Для достижения поставленной цели по спутниковому снимку и соответствующей ему синоптической карты погоды с использованием Mathcad 14 были организованы три архивных выборки яркостей изображения облачности для передней части, теплого сектора и тыловой части циклона общим объемом 2070, 3350 и 1530 случаев соответственно. Затем для каждой из архивных выборок были построены сгруппированные ряды распределения, определены их численности и построены гистограммы дифференциального распределения, которые показаны на рис. 4, 5 и 6.

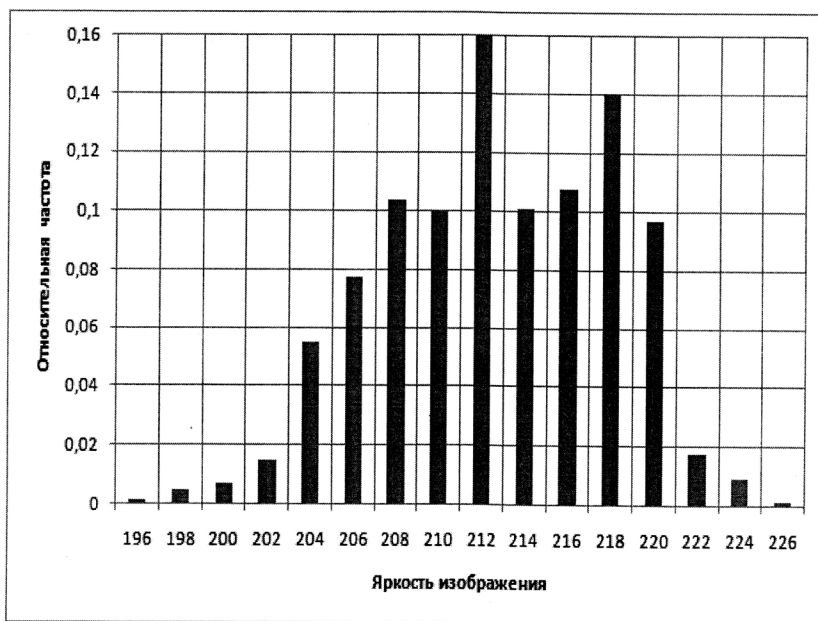


Рис. 4. Гистограмма дифференциального распределения яркости изображения облачности в передней части циклона

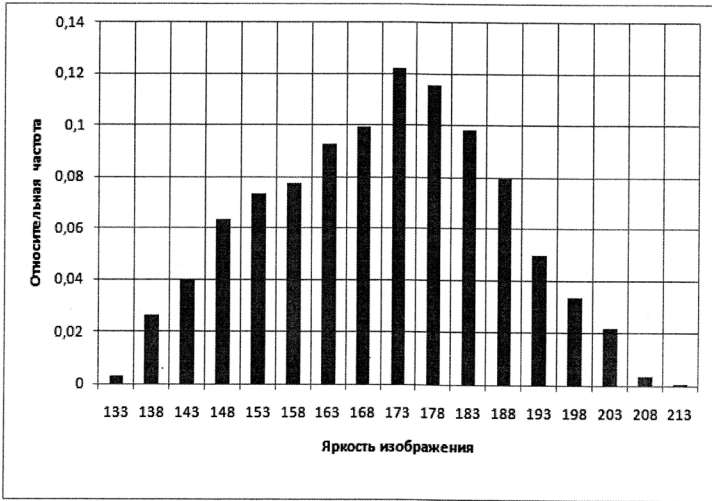


Рис. 5. Гистограмма дифференциального распределения яркости изображения облачности в теплом секторе циклона

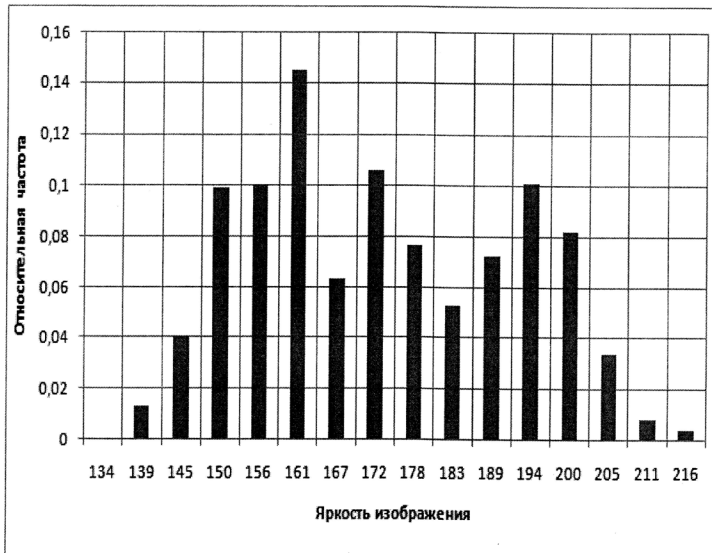


Рис. 6. Гистограмма дифференциального распределения яркости изображения облачности в тыловой части циклона

Рассматриваемая задача относится к задачам согласия и для ее решения был выбран критерий согласия χ^2 - Пирсона как наиболее часто используемый для проверки статистических гипотез критерий. Кроме того, этот критерий лишен недостатков, присущих критерию согласия Колмогорова. Значение этого критерия было рассчитано по формуле [1, 2]:

$$U_{II} = \sum_{j=1}^k \frac{(m_j^* - np_j)^2}{np_j} \quad (2)$$

где n – объем архивной выборки; k – количество градаций; m_j^* – абсолютная частота j градации; $p_j = \int_{x_{j-1}}^{x_j} f(x)dx = F(x_j) - F(x_{j-1})$ – вероятность попадания случайной величины в j градацию.

Критическое значение показателя $\chi_{\alpha, \nu}^2$ определено для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $\nu = k - 3$ [1, 2].

В табл. 1 – 3 приведены результаты расчетов для трех архивных выборок.

Таблица 1

Результаты расчетов для передней части циклона

Границы градаций	Абсолютные частоты m_j^*	Гипотетические частоты p_j	$\frac{(m_j^* - np_j)^2}{np_j}$
196	3	0,001	0,184
198	10	0,007	1,415
200	14	0,017	11,960
202	31	0,034	21,783
204	114	0,060	0,904
206	161	0,093	5,176
208	215	0,125	7,352
210	207	0,146	29,764
212	333	0,148	2,381
214	209	0,130	13,641
216	223	0,100	1,322
218	290	0,066	169,529
220	201	0,038	186,034
222	37	0,019	0,212
224	19	0,013	2,387

Окончание таблицы 1

226	3	0,005	4,545
Сумма	2070	1	458,589
Критическое значение $\chi_{0,05;13}^2 = 22,362$		Наблюдаемое значение $U_{II} = 458,589$	

Таблица 2

Результаты расчетов для теплового сектора циклона

Границы градаций	Абсолютные частоты m_j^*	Гипотетические частоты p_j	$\frac{(m_j^* - np_j)^2}{np_j}$
133	11	0,014	27,030
138	88	0,028	0,224
143	134	0,045	1,814
148	212	0,066	0,499
153	246	0,089	9,419
158	260	0,109	30,389
163	310	0,121	22,597
168	333	0,122	14,327
173	409	0,112	2,919
178	387	0,094	17,210
183	329	0,071	35,020
188	266	0,049	63,633
193	166	0,031	39,041
198	112	0,017	48,965
203	73	0,016	6,510
208	12	0,007	5,949
213	2	0,00289	6,09415
Сумма	3350	0,995	331,639
Критическое значение $\chi_{0,05;13}^2 = 23,685$		Наблюдаемое значение $U_{II} = 331,639$	

Результаты расчетов для тыловой части циклона

Границы градаций	Абсолютные частоты m_j^*	Гипотетические частоты p_j	$\frac{(m_j^* - np_j)^2}{np_j}$
133,9	0	0,023	35,547
139,4	20	0,037	23,274
144,9	62	0,056	6,210
150,4	152	0,077	10,069
155,9	154	0,097	0,180
161,4	222	0,113	14,371
166,9	97	0,119	39,925
172,4	162	0,115	1,188
177,9	117	0,102	9,848
183,4	81	0,083	16,348
188,9	111	0,061	3,222
194,4	155	0,041	132,376
199,9	126	0,026	191,723
205,4	52	0,015	39,888
210,9	13	0,014	2,895
216,4	6	0,006	1,137
Сумма	1530	0,984	528,199
Критическое значение $\chi_{0,05;13}^2 = 22,362$	Наблюдаемое значение $U_{II} = 528,199$		

Заключение

Результаты проведенных расчетов указывают на то, что основная гипотеза для всех рассмотренных архивных выборок не принимается, так как наблюдаемые значения критерия Пирсона существенно больше критических значений. Также это подтверждается и видом гистограмм дифференциального распределения на рис. 4, 5 и 6.

Таким образом, следует отметить, что использование численных значений яркости изображения облачности на спутниковых снимках в качестве предиктора при разработке способов диагноза и прогноза синоптического положения следует производить, как минимум с осторожностью либо вовсе не использовать, а искать другие предикторы, например, градиент яркости или яркостный контраст изображения.

Список литературы

1. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.:Юнити, 2006. 573 с.
2. Куликов Е.И. Прикладной статистический анализ. М.: Радио и связь, 2003. 375с.

Информационное моделирование процесса адаптации автоматизированной обучающей системы к потребностям незрячего пользователя

О.В. Дубровина, email: prepov@rambler.ru¹
В.В Алексеев.

Тамбовский государственный технический университет

***Аннотация.** В данной работе рассмотрены аспекты адаптации и основные составляющие современной автоматизированной обучающей системы, предназначенной для работы незрячего пользователя. Построены модели адаптации автоматизированной обучающей системы к потребностям незрячего пользователя в нотации функционального моделирования (IDEF0).*

***Ключевые слова:** адаптация, программные средства, технические средства, тифлоинформационные технологии, информационная система, программа экранного доступа, брайлевский дисплей.*

Введение

Процесс адаптации автоматизированной обучающей системы к потребностям незрячего пользователя основан на понимании алгоритма работы незрячего пользователя и оптимизации этого алгоритма для доступа к необходимым ресурсам, а также сокращения времени на получение информации.

Алгоритм работы незрячего пользователя основан на установке и настройке необходимых тифлоинформационных средств и получение доступа к автоматизированным обучающим системам путем их совместного использования. Особенности работы – невизуальный доступ к ресурсам автоматизированных обучающих систем [3].

Построение информационной модели

Рассмотрим моделирование процесса адаптации автоматизированной обучающей системы к потребностям незрячего пользователя. Данный процесс предполагает решение следующих задач: адаптация основных элементов информационной системы; разработку документов в специальном формате; разработку адаптированных форм, анкет, чата и т.д.

Данные задачи следует рассматривать в разрезе оптимизационных критериев, учитывающих: время доступа к информационной системе; удобство поиска и обработки информации; объема воспринимаемой информации за промежуток времени, получение доступа ко всем элементам информационной системы [1].

На рис. 1 представлена контекстная диаграмма процесса адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя.



Рис. 1. Контекстная диаграмма

На вход поступает информация: о программных средствах адаптации (I₁), необходимых для доступа к информационной системе; о технических средствах адаптации (I₂), позволяющих незрячему пользователю получить доступ к информационной системе; о запросах незрячего пользователя (I₃) – введение данных в поиск, переходах горячими клавишами клавиатуры и прочее.

На выходе представлена: корректная работа информационной системы (O₁), включающая в себя возможность перехода по заголовкам, поиск, подбор, прикрепление данных, описание графических и отсутствие нечитаемых элементов; документы в специальном формате (O₂), читаемые программами экранного доступа; адаптированные элементы информационной системы (O₃), включающие подписанные кнопки, ссылки, формы прикрепления документов, размеченный текст, подписанные поля форм и анкет и т.д.

В качестве управлений рассматриваются: ГОСТ Р 52872-2019 «Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению» [4] (C₁), регламентирующие основные аспекты адаптации интернет-

ресурсов; Федеральный закон "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" от 24.11.1995 N 181-ФЗ [5] (C₂).

В качестве механизмов в модели выступают: M₁ – незрячий консультант, проверяющий и тестирующий все варианты адаптации; M₂ – технический специалист, осуществляющий адаптацию, настройку информационной системы, технических и программных средств адаптации; M₃ – алгоритм адаптации, включающий последовательность необходимых действий, приводящих к необходимому уровню адаптации информационной системы; M₄ – модуль адаптации информационной системы (данный механизм появляется в процессе адаптации). Диаграмма декомпозиции первого уровня представлена на рис. 2.

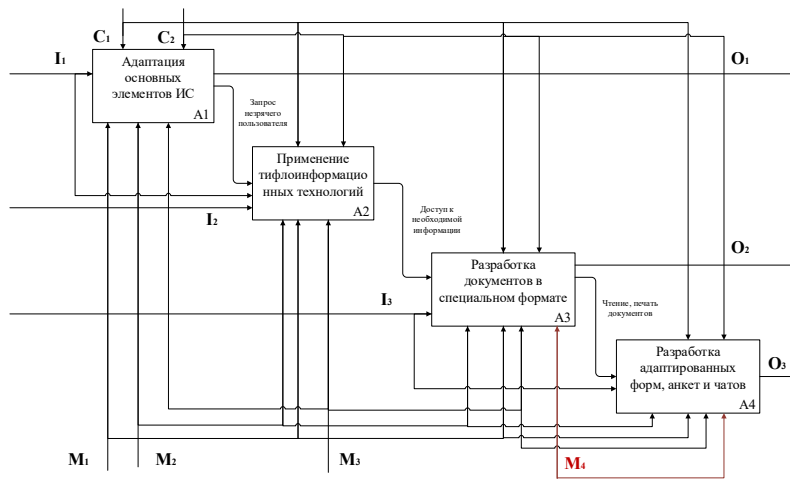


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции первого уровня

Рассмотрим процесс адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя без внедрения модуля адаптации.

Блок 1 – представляет собой процесс адаптации основных элементов информационной системы в соответствии с ГОСТ Р 52872-2019. Выходом данного блока является запрос незрячего пользователя на доступ к информационной системе при помощи тифлоинформационных технологий. При наличии основных аспектов адаптации информационной системы доступ будет получен. В этом случае информационная система работает корректно.

Блок 2 – представляет собой процесс подбора пользователем набора тифлоинформационных технологий, как аппаратных, так и

программных, позволяющих слушать информацию, выводить ее в тактильном виде на дисплей Брайля и на печать. Выходом этого блока является получение доступа к необходимой информации.

Блок 3 – представляет собой процесс подготовки документов в удобном для незрячего пользователя виде. Включает в себя разработку структуры документов, выделение заголовков, подписи к графическому материалу. В качестве результата блока выступают документы в специальном формате, удобном незрячим и читаемом тифлоинформационными средствами.

Блок 4 – включает в себя разработку адаптированных элементов для осуществления обратной связи, общения, прохождения тестов и анкет и др. Выходом будут адаптированные элементы информационной системы. Предоставляющие возможность заполнения различных видов форм (при необходимости), включающих формы обратной связи, формы общения, варианты ответов при анкетировании и прочее.

При использовании модуля адаптации (механизм М₄), процесс адаптации останется прежним, но некоторые неадаптированные элементы уже созданных систем могут быть адаптированы. Это касается описания графических изображений и аннотирования текстовой информации [5].

При использовании модуля адаптации (механизм М₄), процесс адаптации останется прежним, но некоторые неадаптированные элементы уже созданных систем могут быть адаптированы. Это касается описания графических изображений и аннотирования текстовой информации [5].

Проведем декомпозицию диаграммы первого уровня для детализации процесса адаптации. Диаграмма А1 будет состоять из четырех блоков, каждый из которых отвечает за определенный набор составляющих процесса адаптации. На рис. 3 представлена диаграмма А1.

Блок 1.1 необходим для правильного формирования заголовков страниц в соответствии с ГОСТ Р 52872-2019 и требованиями международных стандартов в области разработки адаптированных к потребностям незрячего пользователя информационных систем. Это касается основных заголовков страниц и подзаголовков, у которых должна быть четко выстроенная структура для перехода по ним при помощи клавиатуры.

Блок 1.2 представляет собой процесс адаптации графического материала для его корректного чтения программой экранного доступа. Он включает в себя формирование описания всех графических элементов в HTML коде.

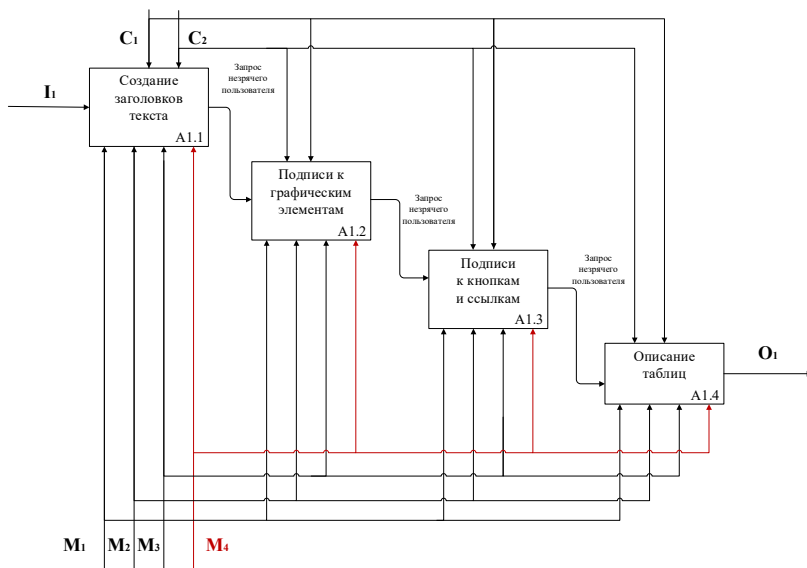


Рис. 3. Декомпозиция диаграммы A1

Блок 1.3 представляет собой процесс адаптации элементов информационной системы в виде кнопок и ссылок. У каждой кнопки и ссылки должно быть текстовое описание, отражающее ее значение. Это необходимо для чтения элементов программой экранного доступа.

Блок 1.4 описывает преобразование таблиц данных в вид, позволяющий читать эти данные программе экранного доступа. Данные после преобразования должны четко отражать содержание таблицы в удобном незрячему пользователю виде.

Проведем декомпозицию диаграммы A2 для детализации состава необходимого программного и технического обеспечения. Она будет состоять из четырех блоков, описывающих состав необходимого для работы незрячего пользователя программного и технического обеспечения. Диаграмма представлена на рис. 4.

Блок 2.1 представляет собой процесс установки и настройки программы экранного доступа, включая настройки управления.

Блок 2.2 представляет собой процесс установки и настройки синтезатора речи, при его отсутствии в составе программы экранного доступа или предпочтений незрячего пользователя.

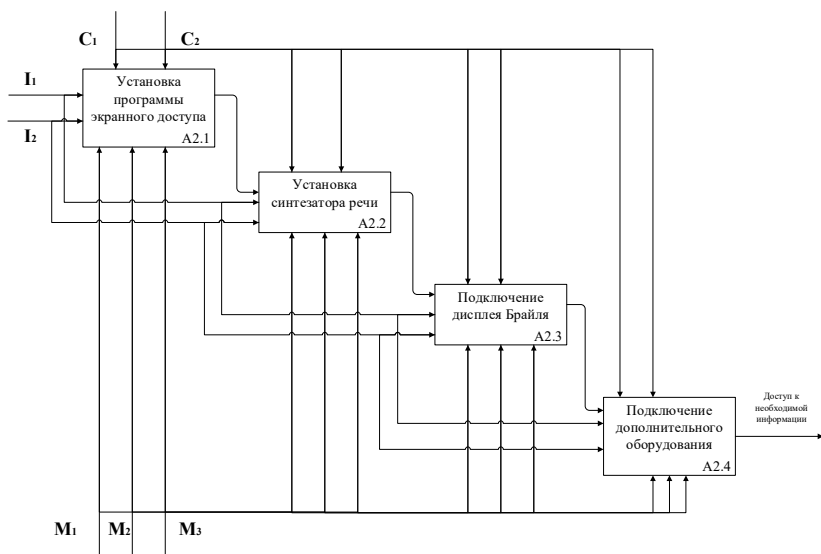


Рис. 4. Декомпозиция диаграммы A2

Блок 2.3 необходим в случае подключения дисплея Брайля. Поскольку не все незрячие пользователи применяют брайлевский дисплей этот блок необязателен.

Блок 2.4 представляет собой процесс установки и настройки дополнительного оборудования, такого как наушники, колонки, микрофон, принтер Брайля. Каждый незрячий пользователь настраивает свой набор дополнительного оборудования.

Проведем декомпозицию диаграммы A3 для детализации блока «Разработка документов в специальном формате». Декомпозиция диаграммы представлена на рис. 5.

Блок 3.1 представляет собой процесс адаптации всех документов информационной системы к потребностям незрячего пользователя. Это процесс начинается с построения четкой структуры документа для перехода по нему горячими клавишами клавиатуры. Этот процесс можно задавать вручную для каждого нового документа, а можно использовать механизм M4, позволяющий генерировать структуру автоматически.

Блок 3.2 представляет собой процесс адаптации таблиц к потребностям незрячего пользователя. Данные из таблицы должны читаться последовательно и в логическом порядке.

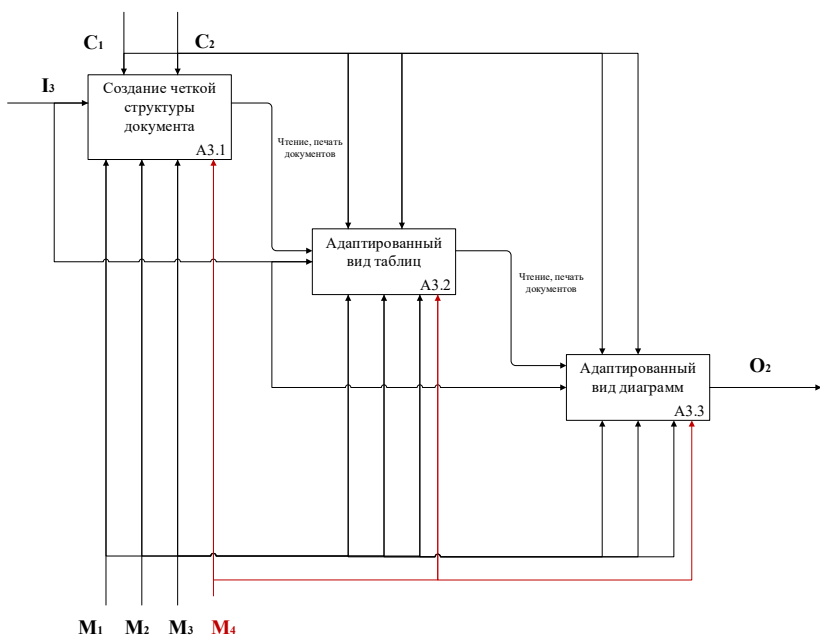


Рис. 5. Декомпозиция диаграммы А3

Блок 3.3 представляет собой процесс адаптации графиков и диаграмм. Поскольку вся визуальная информация недоступна незрячему пользователю все графики и диаграммы целесообразно представить в виде статистики.

Последний блок декомпозиции диаграмма А4. В ней представлены процессы разработки адаптированных форм, анкет, тестов и чатов. Декомпозиция диаграммы А4 представлена на рис. 6.

Блок 4.1 представляет собой процесс адаптации форм, тестов и анкет. Все материалы представленный в таком виде должны быть полностью управляемые клавиатурой компьютера. В таком случае незрячий пользователь, переходя по ним клавишами клавиатуры сможет выполнить задание, заполнить форму или анкету.

Блок 4.2 необходим для создания подписей ко всем элементов тестов, форм и анкет. В таком случае незрячий пользователь будет точно знать, что он должен сделать в соответствующем вопросе или поле.

Блок 4.3 представляет собой процесс адаптации полей для записи к потребностям незрячего пользователя. Назначение поля и то, что нужно в него записать должно быть четко прописано в HTML коде.

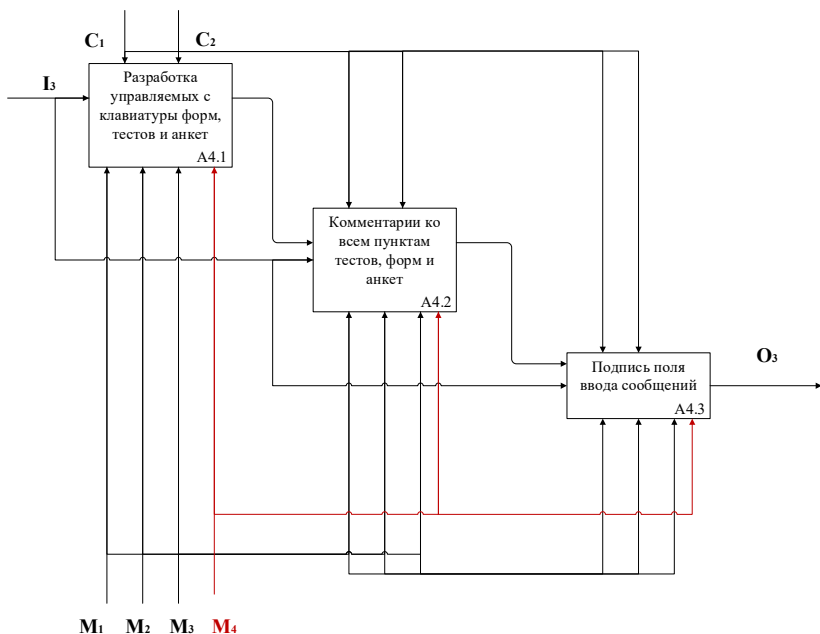


Рис. 6. Декомпозиция диаграммы А4

В результате построения диаграмм видим, что процесс адаптации информационной системы к потребностям незрячего пользователя сложный и многоступенчатый. Необходимо учитывать множество различных факторов, каждый из которых индивидуален для конкретного пользователя.

Заключение

Полноценное взаимодействие незрячего пользователя с автоматизированной обучающей системой возможно при соблюдении основных аспектов адаптации системы к потребностям таких пользователей и возможностям тифлоинформационных средств.

Проведенное моделирование процесса адаптации автоматизированной обучающей системы к потребностям незрячего пользователя позволяет выявить основные закономерности адаптации и необходимые тифлоинформационные средства.

Информационная модель отражают основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Входными параметрами являются необходимые для использования

аппаратные и программные тифлосредства и запросы незрячего пользователя. Выходными данными являются, корректная работа автоматизированной обучающей системы, документы в специальной форме и адаптивные элементы, процесс формирования которых выполняется под регламентацией ГОСТ Р 52872-2019 и ФЗ N 181-ФЗ. Исполнителями процессов являются незрячий консультант и технический специалист. К механизмам также относится алгоритм адаптации автоматизированной обучающей системы к потребностям незрячего пользователя и модуль адаптации, для дополнения процесса адаптации системы.

Список литературы

1. Алексеев В.В. Моделирование информационного воздействия на эргатический элемент в эрготехнических системах/ В.В. Алексеев, С.И. Корястин, В.А. Мальшев, В.В. Сысоев // 2003.-200 с.: 55 ил.
2. 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.
3. Алексеев В.В. Моделирование адаптации электронных информационных ресурсов для слабовидящих и незрячих пользователей / В.В. Алексеев, О.В. Дубровина // Правовая информатика. 2021. № 3. С. 68-76.
4. ГОСТ Р 52872-2019 «Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению»
5. Федеральный закон "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" от 24.11.1995 N 181-ФЗ
6. Дубровина О.В. Применение нейросетевых технологий для распознавания графических изображений в сетевой информационной системе / О.В. Дубровина, В.В. Алексеев // Сборник тезисов XX Всероссийской научной конференции «Нейрокомпьютеры и их применение». - МГПТУ, 2022. – С.44

Синтез антенных систем мобильных радиотехнических комплексов добывания сведений о радиоэлектронной обстановке

А. В. Евсеев, email: alsealek@mail.ru

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

Аннотация. *Выполнен обзор тактико-технических требований к антенным системам мобильных радиотехнических комплексов для добывания сведений о радиоэлектронной обстановке. Обоснован критерий и решена задача синтеза приемных структур, применяемых в комплексах при дистанционном радиотехническом мониторинге.*

Ключевые слова: *Мобильный радиотехнический комплекс, дистанционный мониторинг, добывание сведений о радиоэлектронной обстановке, антенная система, критерий синтеза приемной структуры.*

Введение

При построении мобильных радиотехнических комплексов для добывания сведений о радиоэлектронной обстановке [1, 2] ключевым является вопрос обеспечения электромагнитной (энергетической) доступности [2] и пространственно-частотной избирательности приема [2] излучений контролируемых источников при минимизации влияния постановщиков непреднамеренных и организованных помех [1].

Решение данного вопроса непосредственным образом связано с обоснованием технического облика приемных антенных систем [3]. За счет формирования диаграмм направленности (ДН) и соответствующих коэффициентов направленного действия (КНД) антенн реализуются функции секторного приема и усиления сигналов. Создание провалов (нулей) ДН позволяет выполнять пространственную фильтрацию помех.

Параметры конструкций приемных структур [3], обеспечивающие достижение показателей пространственно-частотной избирательности и требуемого для выполнения обработки отношения сигнал-шум на входе приемной аппаратуры, находятся в результате выполнения процедуры синтеза [4].

В предлагаемой работе выполнен аналитический обзор тактико-технических требований к характеристикам, обоснован критерий и

решена задача синтеза приемных структур в виде частотно-независимых (диапазонных) антенных решеток [5] для радиотехнических комплексов дистанционного мониторинга радиоэлектронной обстановки.

Цель работы – исследование закономерностей изменения ДН и КНД антенных решеток при выборе параметров их конструкции.

1. Обзор тактико-технических требований к характеристикам антенных систем мобильных радиотехнических комплексов добывания сведений о радиоэлектронной обстановке

Тактико-технические требования к характеристикам приемных антенных систем из состава мобильных радиотехнических комплексов устанавливаются на основании требований более высокого уровня [3, 4], определяющих условия добывания сведений [1, 2] о радиоэлектронных объектах по результатам приема и обработки их сигналов.

Перечень тактико-технических требований к радиотехническим комплексам мониторинга радиоэлектронной обстановки включает в себя следующие пункты.

1. Диапазон рабочих частот и сектора углов одновременного обзора приемной аппаратуры комплекса устанавливается в соответствии с диапазонами частот и областями пространства, в которых добываются сведения о радиоэлектронной обстановке, при ограничениях на число литеров и массогабаритные характеристики приемных структур [2, 5], определяемых грузоподъемностью [3, 5] и возможностями сохранения маневренных свойств носителя [5].

2. Эквивалентная чувствительность аппаратуры устанавливается из условия обеспечения требуемых размеров зоны мониторинга [1] при ограничениях, определенных для уровней чувствительности приемных каналов с коэффициентами усиления малошумящих усилителей [1, 2] во входных цепях, максимально достижимыми при ограничениях [2, 5] на динамический диапазон принимаемых сигналов.

3. Полоса одновременного обзора частотного диапазона находится по характеристикам устройств многоканальной обработки сигналов в дисперсионных системах определения частоты при заданных значениях дисперсий оценки пространственно-частотно-временных параметров источников радиоизлучений.

4. Показатели избирательности приема и усиления сигналов [1, 2] устанавливаются из условий выполнения устойчивого энергетического приема и подавления помех внешних источников до уровня, при котором достигаются отношения сигнал-помеха, необходимые для реализации квазиоптимальных алгоритмов добывания сведений с требуемыми показателями эффективности.

На основании приведенных выше требований к радиотехническим комплексам предъявляются требования к их антенным системам:

- форма ДН антенной системы задается из условий выполнения приема сигналов в секторах пространства, определенных для добывания сведений о радиоэлектронной обстановке [1, 2], при положении нулей в направлениях на источники помех. Глубина секторных провалов ДН устанавливается исходя из степени подавления мешающих излучений;

- величина КНД антенной системы определяется требованиями к усилению сигналов контролируемых источников при ограничениях на уровни боковых лепестков ДН, при которых не проявляются помеховые воздействия по побочным пространственным каналам.

Суть синтеза антенной системы состоит в нахождении параметров конструкции на основе компромиссных решений, при которых КНД возрастает до уровня, удовлетворяющего требованиям к дальности действия комплексов, при сохранении боковых лепестков ДН на уровне, при котором побочные каналы воздействия помех существенно не ухудшают условия приема сигналов [5]. При снижении среднего уровня боковых лепестков ДН антенны возрастает ширина ее главного луча, что обуславливает потери КНД [3, 5].

2. Обоснование критерия и решение задачи синтеза антенных решеток для мобильных радиотехнических комплексов

В интересах сокращения степени снижения КНД антенной решетки синтез целесообразно выполнять в соответствии с критерием минимума среднеквадратического отклонения ДН во второй степени от заданной формы [4].

При его использовании КНД изменяется обратно пропорционально ширине ДН антенны. При этом убывают потери усиления сигналов по сравнению с критерием минимизации линейных различий формируемой и эталонной ДН, когда при весьма точном восстановлении амплитудно-фазового распределения [5] наблюдается убывание КНД антенны при расширении сектора одновременного обзора пространства во второй степени [4].

Минимизация среднеквадратических отклонений формируемой ДН от требуемой на дискретном множестве фиксированных направлений [5] при малом снижении КНД, как правило, приводит к существенному возрастанию дальних лепестков ДН [5]. В результате отношение сигнал-помеха на входе приемной аппаратуры радиотехнического комплекса снижается, что затрудняет построение алгоритмов обработки сигналов с высокими вероятностно-временными показателями эффективности обнаружения и допустимыми среднеквадратическими ошибками оценок

пространственно-частотно-временных параметров радиоизлучающих источников.

Параметры конструкции решеток находятся для амплитудно-фазового распределения токов антенных элементов, обеспечивающего минимизацию диаграммных функционалов [4]. Комплексные амплитуды токов удовлетворяют некорректным задачам условной параметрической оптимизации [5], решение которых может быть получено методами нелинейного программирования [4, 5] при обеспечении устойчивости частичного обращения операторов за счет использования алгоритмов регуляризации [4, 5].

Заключение

Таким образом, в работе обоснованы критерий и пути решения задач синтеза антенных систем [4, 5] для мобильных радиотехнических комплексов, применяемых при добывании сведений о радиоэлектронной обстановке.

Показано, что приемные структуры с максимальными КНД при малом среднем уровне боковых лепестков ДН могут быть построены с применением критерия минимизации среднеквадратических отклонений квадратов формируемых и требуемых ДН.

Закономерности изменения КНД и ДН решеток составляют основу технических решений [3, 5] по созданию пространственно-частотно-избирательных приемных структур для радиоэлектронных комплексов на мобильных носителях.

Список литературы

1. Перунов Ю. М. Радиоэлектронная борьба: радиотехническая разведка / Ю. М. Перунов, А. И. Куприянов. – М. : Вузовская книга, 2018. – 190 с.
2. Перунов Ю. М. Радиоэлектронная борьба в информационных каналах / Ю. М. Перунов, А. И. Куприянов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 452 с.
3. Резников Г. Б. Антенны летательных аппаратов / Г. Б. Резников. – М. : Советское радио, 1967. – 416 с.
4. Кашин В. А. Методы фазового синтеза антенных решеток / В. А. Кашин // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 1. – С. 47-60.
5. Тимошенко А. В. Современное состояние и задачи совершенствования методических основ построения антенных решеток беспилотных радиотехнических комплексов / А. В. Тимошенко, С. Н. Разиньков, О. Э. Разинькова и др. // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2020. – № 14. – С. 63-83.

Разработка модели цифрового радиопеленгатора на базе алгоритма Бартлетта по методу совмещённого программно-аппаратного моделирования на ПЛИС

В. А. Жигулин, obi4n@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина»

***Аннотация.** В данной статье рассматривается совмещённая программно-аппаратная модель пеленгатора. Используется алгоритм пеленгации Бартлетта. В качестве внешнего оборудования применена отладочная плата ПЛИС. Приводятся описание модели и результаты сравнения полностью программной и совмещённой программно-аппаратной модели.*

***Ключевые слова:** пеленгация, алгоритм Бартлетта, совмещённая программно-аппаратная модель, ПЛИС.*

Введение

Радиопеленгация – это определение направления (пеленга) на источник радиоизлучения. В современных системах всё больший интерес представляют методы пеленгации на основе цифровой обработки сигналов. В них оценка положения источника радиосигнала происходит за счёт анализа оцифрованного сигнала от элементов цифровой антенной решётки. Использование специальных алгоритмов оценки угловых координат позволяет осуществить:

- Оптимальный приём неизвестного сигнала
- Оптимальный приём сигнала на фоне помех
- Пространственное мультиплексирование потоков данных.

Цель данной работы: разработать программно-аппаратную модель системы пеленгации на основе алгоритма Бартлетта, а также сравнить результаты её работы с полностью программной моделью.

Ранее в работах [1, 2] уже проводилось моделирование подобных систем, однако оно выполнялось полностью в цифровом виде. Для данной работы был выбран метод совмещённого программно-аппаратного моделирования, когда часть расчётов модели происходит на внешнем устройстве. В качестве внешнего устройства было решено использовать ПЛИС.

Совмещённое моделирование обладает рядом преимуществ перед полностью цифровым. Оно позволяет максимально приблизиться к натурным испытаниям за счёт использования реального оборудования.

Кроме того, часть исследуемой системы, которую сложно реализовать «в живую», можно рассчитать в цифровом виде с достаточной точностью, что значительно упрощает испытания. Всё это позволяет оптимизировать изучаемые алгоритмы под конкретные аппаратные решения, а также легко проводить испытания и оперативно вносить правки и изменения.

Принцип работы системы пеленгации

Целью системы пеленгации является определение мощности сигнала на выходе антенны в зависимости от угла прихода сигнала. По максимумам этой функции, называемой псевдоспектром или пеленгационным рельефом, можно оценить, с какого направления поступает радиосигнал. Более подробные математические преобразования рассмотрены в [3, 4 с.169-202].

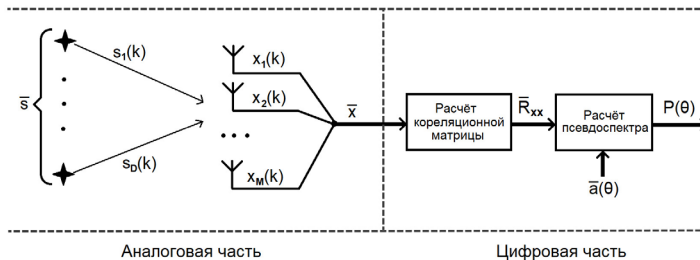


Рис. 1. Общая схема цифрового радиопеленгатора

В данной работе рассматривается пеленгация в одной плоскости, по азимуту. Общая схема цифрового радиопеленгатора представлена на рис. 1. Её можно условно разделить на две части: «аналоговую» и «цифровую». В аналоговой части происходит приём сигналов s от D различных источников с наложением аддитивного белого гауссовского шума. Приём осуществляется антенной решёткой из M антенных элементов.

Формула для матрицы выходного сигнала антенной решётки имеет следующий вид:

$$\bar{x} = \bar{A} \cdot \bar{s} + \bar{n} \quad (1)$$

где \bar{n} – матрица шума; \bar{A} – матрица сканирующих векторов, рассчитываемая по следующей формуле:

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} f_1(\theta_1) & f_1(\theta_2) & \dots & f_1(\theta_D) \\ f_2(\theta_1) \cdot e^{j\pi \sin \theta_1} & f_2(\theta_2) \cdot e^{j\pi \sin \theta_2} & \dots & f_2(\theta_D) \cdot e^{j\pi \sin \theta_D} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_M(\theta_1) \cdot e^{j(M-1)\pi \sin \theta_1} & f_M(\theta_2) \cdot e^{j(M-1)\pi \sin \theta_2} & \dots & f_M(\theta_D) \cdot e^{j(M-1)\pi \sin \theta_D} \end{bmatrix} \quad (2)$$

где $f_M(\theta_D)$ – это значение диаграммы направленности M -го антенного элемента в направлении на D -й источник сигнала, $e^{j(M-1)\pi \sin \theta_D}$ – множитель, учитывающий фазовый набег D -го сигнала на M -й АЭ относительно первого АЭ (здесь представлена формула для линейной решётки с расстоянием между элементами в $0,5\lambda$).

Принятый сигнал x отцифровывается, после чего k отсчётов сигнала поступает на вход цифрового обработчика. В цифровой части системы пеленгации происходит сначала расчёт корреляционной матрицы \bar{R}_{xx} , а затем и псевдоспектра $P(\theta)$.

Корреляционная матрица рассчитывается по следующей формуле:

$$\bar{R}_{xx} = \begin{bmatrix} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_1(k) \cdot x_1(k)^* & \dots & \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_1(k) \cdot x_M(k)^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_M(k) \cdot x_1(k)^* & \dots & \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_M(k) \cdot x_M(k)^* \end{bmatrix} \quad (3)$$

где N – число отсчётов цифрового сигнала, $x_M(k)^*$ – нахождение комплексно-сопряжённого числа.

Далее на основе корреляционной матрицы рассчитывается псевдоспектр. В данной работе применяется метод Бартлетта [5, 6]:

$$P_B(\theta) = \bar{a}(\theta)^H \bar{R}_{xx} \bar{a}(\theta) \quad (4)$$

где $\bar{a}(\theta)$ – матрица сканирующих векторов для всего диапазона пеленгации.

Описание модели

Было решено провести совмещённое программно-аппаратное моделирование рассмотренной выше системы. В модели приняты следующие начальные условия:

1. Сканирование происходит в диапазоне $-90^\circ - +90^\circ$;
2. На АР падает два сигнала с разных направлений;
3. Тип антенной решётки – линейная;

4. Антенная решётка состоит из четырёх элементов – микрополосковых антенн;

5. Число отсчётов цифрового сигнала N , на основе которых проводятся вычисления, равняется 100.

На внешнее устройство была перенесена «цифровая» часть спеленгатора (рис. 2). В ней последовательно происходит расчёт корреляционной матрицы и псевдоспектра. На компьютере, в программной части модели, происходят следующие этапы:

1. Создание модели линейной антенной решётки с элементами – микрополосковыми антеннами;

2. Генерация падающих на АР сигналов s ;

3. Расчёт выходного сигнала x антенной решётки согласно формуле (1);

4. Отправка полученных значений на отладочную плату;

5. Приём рассчитанных значений от ПЛИС, отображение графика псевдоспектра.

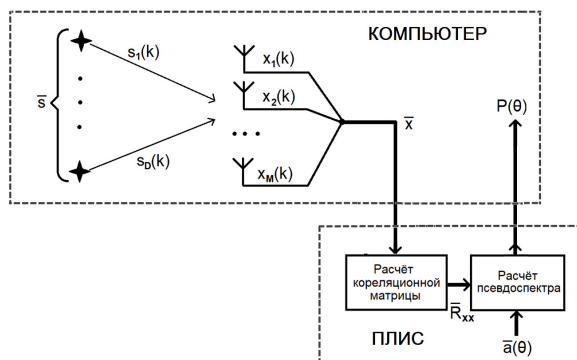


Рис. 1. Схема модели для программно-аппаратного моделирования

В качестве аппаратной платформы была выбрана отладочная плата XUP Atyls на базе ПЛИС Spartan-6 LX45. Создание модели проводилось в среде Simulink. Обмен данными между компьютером и отладочной платой осуществлялся за счёт технологии FPGA-in-the-loop. В этом режиме данные в реальном времени передаются на ПЛИС, обрабатываются, а результат обработки передаётся обратно в модель. При разработке программно-аппаратной модели по технологии FPGA-in-the-loop можно выделить следующие этапы:

1. Подготовка Simulink модели;
2. Перевод входных данных в формат с фиксированной запятой для упрощения схемы и экономии ресурсов ПЛИС;
3. Настройка инструмента HDL Coder для оптимизации кода под конкретную ПЛИС.
4. Создание дополнительного кода для передачи данных от компьютера на ПЛИС и обратно при помощи инструмента FIL Wizard.
5. Генерация HDL кода.

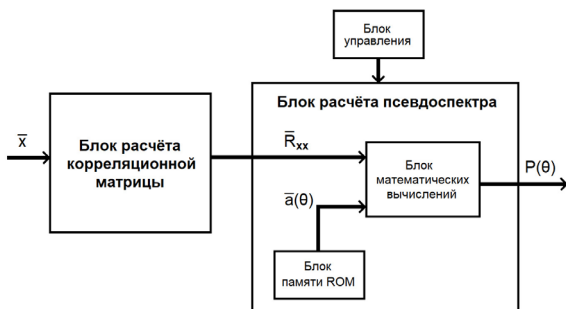
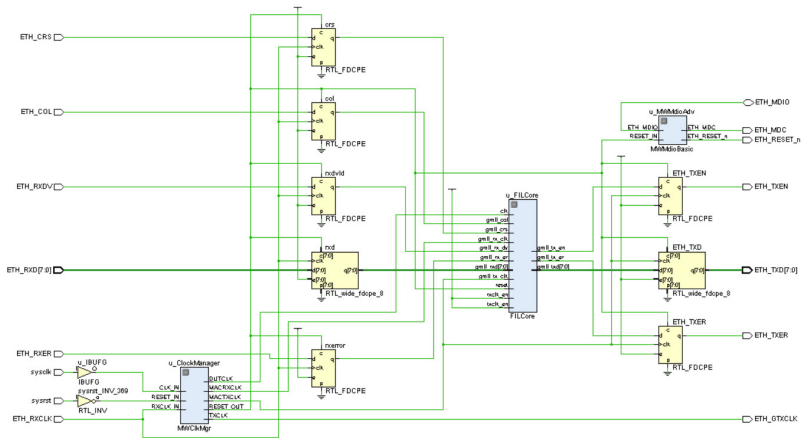


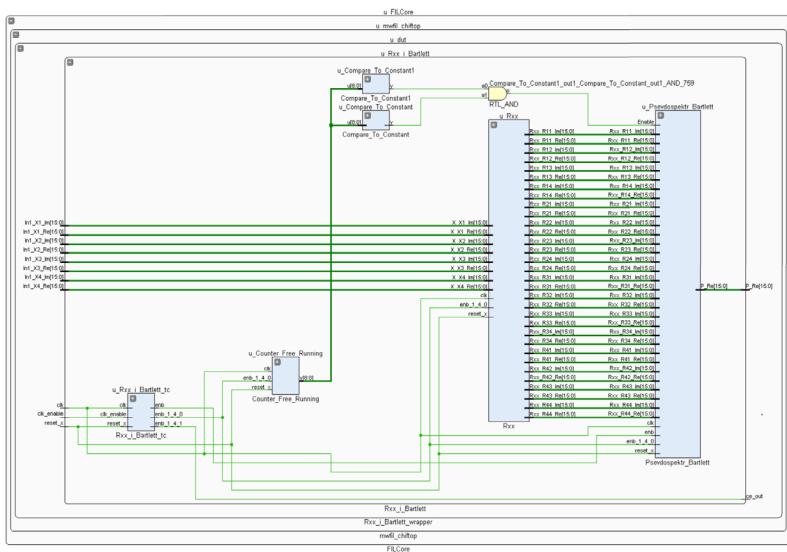
Рис. 2. Схема части модели, реализованной на ПЛИС

Рассмотрим подробнее часть модели, реализованную на ПЛИС (рис. 3). Эта система состоит из двух частей – блок расчёта корреляционной матрицы и блок расчёта псевдоспектра. На вход схемы подаётся четыре комплексных сигнала от антенных элементов. Далее происходит преобразование из формата с плавающей запятой в формат с фиксированной. На ПЛИС сигнал поступает в формате `sfix(1,16,10)` – 16 разрядов, 1-й разряд знаковый, 10 разрядов после запятой. После проведения расчётов на компьютер поступают значения псевдоспектра, которые далее подвергаются обратному преобразованию в формат с плавающей запятой и отображаются в виде графика.

Кратко рассмотрим сгенерированный HDL код. Для анализа использовалось ПО ISE Design Tool. На рис. 4а представлена общая структура проекта. Как можно видеть, кроме непосредственно блока вычисления были также сгенерированы блоки для передачи и приёма данных от компьютера, а также для синхронизации работы с программной частью модели. На рис. 4б представлена структура блока вычислений. Она повторяет схему на рис. 3: два больших блока – это блоки расчёта корреляционной матрицы и псевдоспектра, а более мелкие элементы представляют собой блок управления.



а



б

а – общая структура, б – структура блока вычислений

Рис. 3. Структура итогового проекта

Рассмотрим подробнее формулу (3) для расчёта корреляционной матрицы. Для расчёта одного элемента была составлена следующая схема Simulink (рис. 5). На вход схемы поступает два комплексных числа, после чего последовательно происходит их комплексное умножение, суммирование с накоплением и деление на число отсчётов N (в данном случае использовалось 100 отсчётов сигнала). На полный расчёт суммарно уходит не менее N тактов.

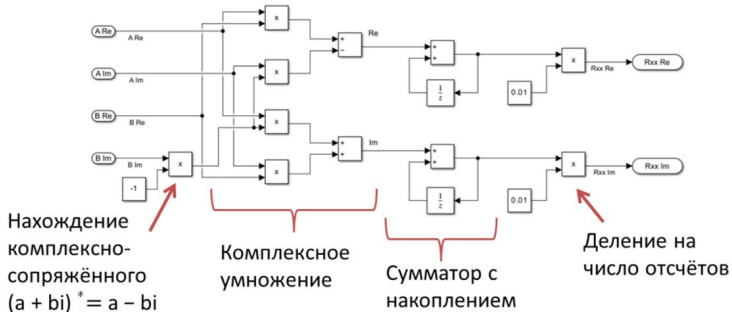


Рис. 4. Схема для расчёта одного элемента корреляционной матрицы

Далее была составлена общая схема для расчёта матрицы (рис. 6). Матрица для M входных сигналов состоит из M^2 элементов. Поскольку в модели была применена четырёхэлементная антенная решётка, и на вход цифрового блока поступает четыре сигнала, то общая схема состоит из 16 блоков.

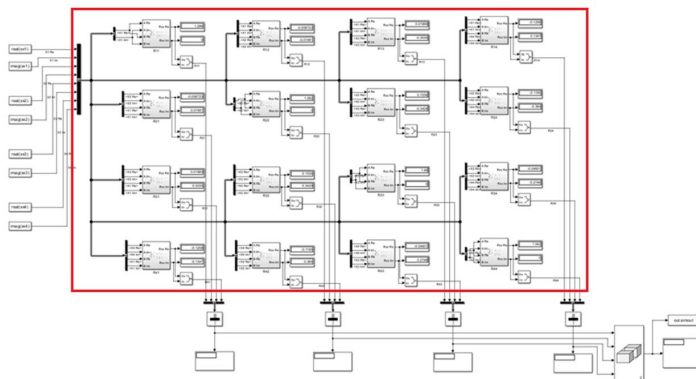
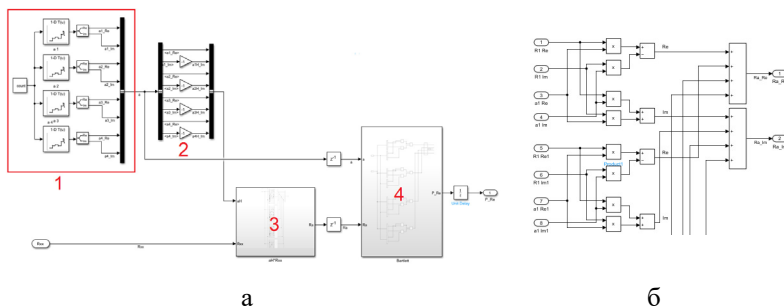


Рис. 5. Блок расчёта корреляционной матрицы

Рассмотрим подробнее блок расчёта псевдоспектра. Он состоит из трёх частей: блок математических вычислений, блок матрицы $\bar{a}(\theta)$ и блок управления (рис. 3). Значения матрицы $\bar{a}(\theta)$ (формула (4)) не зависят от конструкции АР, и не меняются в процессе работы пеленгатора. Это позволяет предварительно рассчитать все значения и снизить количество требуемых ресурсов ПЛИС. Заранее рассчитанные значения записаны в блок памяти типа ROM.

Для расчёта корреляционной матрицы требуется не менее N тактов. Соответственно блок расчёта псевдоспектра должен начать работу с $N + 1$ такта. Для полного расчёта требуется не менее 181 такта (при условии сканирования от -90° до $+90^\circ$ с шагом в 1°), по истечению которых блок должен отключиться. Именно для выполнения данных условий необходим блок управления.



а – схема в Simulink, б – фрагмент схемы умножения

Рис. 6. Блок расчёта псевдоспектра

На рис. 7а представлена схема в Simulink. Цифрой 1 обозначены блоки постоянной памяти, в которых хранятся заранее рассчитанные значения матрицы $\bar{a}(\theta)$. Элементы под цифрой 2 необходимы для нахождения комплексно сопряжённых значений $\bar{a}(\theta)^H$. В блоке 3 происходит расчёт произведения $\bar{a}(\theta)^H \bar{R}_{xx}$, а в блоке 4 – расчёт итоговых значений псевдоспектра. Вычисления проходят за счёт комплексного умножения и сложения соответствующих значений матриц (фрагмент схемы представлен на рис. 7б).

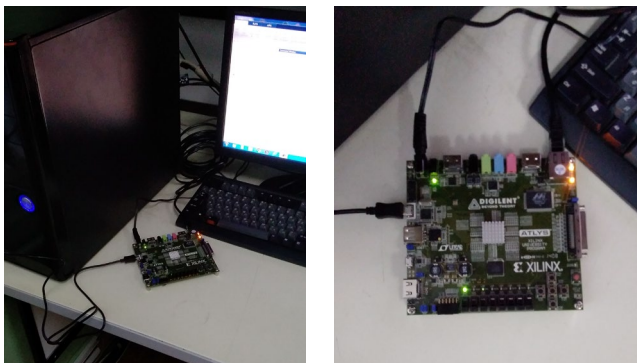


Рис. 7. Отладочная плата, подключённая к компьютеру

На рис. 8 представлена подключённая к компьютеру отладочная плата во время процесса моделирования. Для работы системы в режиме FPGA-in-the-loop необходимо подключение через JTAG/USB (для загрузки прошивки) и Ethernet (для обмена данными между ПЛИС и Simulink).

Заключение

В данной работе была рассмотрена совмещённая программно-аппаратная модель системы пеленгации по алгоритму Бартлетта. Для сравнения полностью программной и совмещённой модели было проведено несколько циклов моделирования с разными положениями источников радиосигнала. На рис. 8. представлены несколько полученных графиков псевдоспектра.

Как можно видеть, графики от разных типов моделей достаточно похожи, и перенос части модели на ПЛИС не вызвал резких изменений. Полученная схема корректно определяет направление на источник радиосигнала. Присутствующие между графиками различия можно объяснить округлением данных при переводе их в формат с фиксированной запятой.

Подводя итог, можно сделать следующий вывод: применение совместного программно-аппаратного моделирования позволяет:

- Приблизиться к натурным испытаниям за счёт использования реального оборудования.
- Легко и быстро изменять условия моделирования.
- Подстраивать разрабатываемые алгоритмы под конкретную аппаратуру.

– Ускорять процесс моделирования, за счёт переноса части сложных вычислений на внешнее, более быстродействующее устройство.

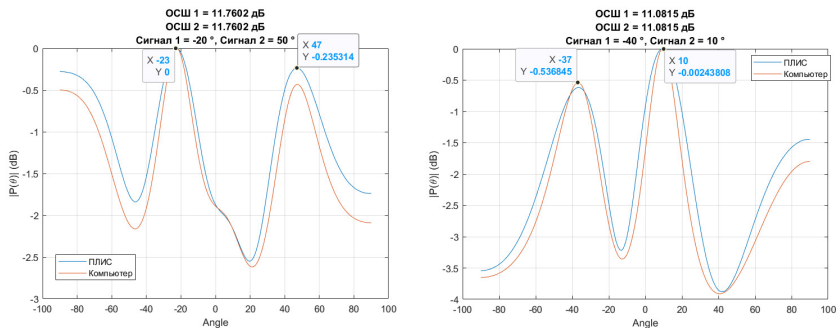


Рис. 8. Сравнение графиков псевдоспектра для разных направлений и мощностей сигналов

Список литературы

1. Пешков, И. В. Моделирование алгоритма цифровой пеленгации MUSIC для разных видов линейных антенных решёток сантиметрового диапазона с учётом взаимного влияния антенных элементов / И. В. Пешков, В. А. Жигулин // Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий ("РЭУС-ИТ 2023") : Доклады всероссийской конференции, посвящённой "Дню радио", Москва, 07-09 июня 2023 года. – Москва: Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, 2023. – С. 33-39.

2. Нечаев, Ю. Б. Моделирование алгоритмов цифровой пеленгации с учётом взаимного влияния элементов антенных решёток сантиметрового диапазона / Ю. Б. Нечаев, В. А. Жигулин // Радиолокация, навигация, связь : Сборник трудов XXIX Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры радиофизики ВГУ. В 5-ти томах, Воронеж, 18–20 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 150-157. – EDN UMMGSJ.

3. Ратынский М. В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решетках. М.: Радио и связь, 2004. – 384 с.

4. Frank B. G Smart Antennas for Wireless Communications: With MATLAB. – New York: McGraw-Hill Professional, 2005. – 288 с.

5. Bartlett, M. An Introduction to Stochastic Processes with Special References to Methods and Applications / M. Bartlett. – New York : Cambridge University Press, 1961. – 388 c.

6. Johnson, Don The Application of Spectral Estimation Methods to Bearing Estimation Problems / Don Johnson // Proceedings of the IEEE. – 1982. – № 9. – C. 1018-1028.

7. A Review on Different Techniques of Mutual Coupling Reduction Between Elements of Any MIMO Antenna. Part 1: DGSs and Parasitic Structures / A. Kumar, A. Q. Ansari, B. K. Kanauji, J. Kishor, L. Matekovits. // Radio Science. – 2021. – № 56. – C. 1-25.

Моделирование деструктивных процессов при работе активных фазированных антенных решеток с перспективой учета процессов в ионосфере

А. С. Захаров, e-mail: zakharov.as.17@physics.msu.ru

И. В. Тютин, e-mail: IYutin@niidar.ru

С. В. Мацевич, e-mail: cvmac@mail.ru

Организация Радиотехнический институт имени академика А.Л.Минца

***Аннотация.** На основе комплексного описания деструктивных факторов было проведено моделирование изменения диаграммы направленности активной фазированной антенной решетки. Результаты демонстрируют важность разработки алгоритма коррекции диаграммы направленности на основе комплексного моделирования деструктивного влияния*

***Ключевые слова:** фазированные решетки, диаграмма направленности, моделирование, термодинамика*

Введение

Современные активные фазированные антенные решетки (АФАР) являются основой радиолокационных станций (РЛС) мониторинга космического пространства. АФАР обладают следующими важными свойствами для прослеживания за множеством важным космических объектов, такими как:

- возможностью значительного повышения суммарной мощности излучаемых сигналов при ограниченной мощности отдельных передатчиков;
- формированием узких диаграмм направленности (ДН) и на излучение, и на прием;
- высоким угловым разрешением;
- гибкостью и вариативностью режимов обзора пространства.

Основу АФАР составляют приемо-передающие модули (ППМ), образующие приемо-передающие подрешетки, которые формируют ДН с требуемым качеством.

Кроме того, в настоящее время для зондирования целей применяют широкополосные и сверхширокополосные сигналы, которые позволяют получить высокое разрешение по дальности, в то же время разрешения по углу имеют достаточно низкое разрешение.

потребуется существенное повышение точности измерения координат целей в том числе и постановщиков активных помех, разнесенных на малое угловое расстояние.

В режимах работы с высоким уровнем разрешения необходимо контролировать фазу в трактах АФР. Влияние фазы на точность измерения координат цели проводилось в работе [1], где было показано, что зависимость ошибка определения угловых координат прямо зависит от ширины диаграммы направленности антенны в плоскости сканирования и фазы сигнала. В другом исследовании [2] показано, что для обеспечения повышенной разрешающей способности по дальности также необходимо контролировать фазу, поскольку потенциальные возможности разрешения связаны с функцией неопределенности сигнала, которая зависит от фазы.

При этом в контроле фазы сигнала также необходимо учитывать причины флюктуаций, которыми являются деструктивные факторы, такие как тепловые процессы или деформация решетки АФАР. В исследовании [3] на иностранных локаторах широкополосного (ШП) сигнала показано изменение фазы из-за тепловых процессов. Аналогичная работа [4] показывает, что флюктуации фазы аддитивно меняются с температурой каналов ППМ. В работе [5] на основании измерений коэффициента передачи контрольного блока усиления мощности (БУМ) установлено, что его фаза изменяется линейно при увеличении температуры блока, а приращение фазы зависит от времени задержки сигнала в тракте. Результаты испытаний по термостатированию известных линий задержки БУМ [6] показывают, что зависимость фазы коэффициента передачи его контрольного тракта от температуры под платой управления претерпевает значительные изменения. Надо учитывать, что стендовые испытания не позволяют отобразить все тепловые изменения при работе в таком теплонапряженном режиме как сверхразрешение. При этом во время работы в критические моменты именно отсутствие учета температуры может стать заключительным фактором, ведущем к невыполнению боевой задачи.

В другом исследовании [7] получено, что еще одной причиной флюктуаций фазы является отсутствие управляемых дискретных временных линий задержки в АФАР, что приводит к дополнительным потерям при цифровой обработке сигнала до 2-3 дБ, ухудшению разрешения по дальности в 1.3 раза и к изменению уровня боковых лепестков. Поэтому возникает задача по коррекции АФР сигнала новым методом, который позволяет получать поправки по фазе, учитывая тепловые процессы с использованием известных наработок по

электродинамике АФАР. Такая постановка задачи позволяет получить тандемные вычисления поправок. Под тандемным вычислением будем понимать вычисление поправок к АФР на основе предварительных вычислений тепловых изменений.

Также необходимо учитывать изменения в ионосфере, особенно это касается взаимодействия излучения от АФАР с неоднородностями, а также при авроральных помехах. Перспективной задачей является создание единого алгоритма коррекции АФР при влиянии деструктивных факторов и авроральных процессов в ионосфере, однако в начале лучше рассмотреть процессы по отдельности.

Модель тепловых процессов в подрешетке АФАР

Для описания изменения АФР трактов от температуры необходимо преобразовать уравнение теплопроводности. Функция температуры зависит от координат и времени. Уравнение теплопроводности выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(\alpha^2(r)\nabla T) + \xi P_d$$

где α^2 – коэффициент температуропроводности, второй член описывает функцию теплового источника, ξ – коэффициент для материала, P_d – электромагнитная мощность, рассеиваемая в единице объема пространства. Коэффициент температуропроводности зависит от радиус-вектора точки, поскольку подрешетка АФАР является многокомпонентной системой со множеством материалов и окружающим воздухом.

Электромагнитную мощность, рассеиваемую в единице объема можно представить как:

$$P_d = \omega \epsilon_0 \epsilon \left| \sum_{n=1}^N A'_n \right| t g \delta = \omega \epsilon_0 \epsilon \left| \sum_{n=1}^N A_n \exp(j\phi_n) \right| t g \delta$$

Добавляя температурные поправки, электромагнитная мощность преобразуется в функцию теплового источника, зависящую от температуры ППМ

$$P_d = \omega \epsilon_0 \epsilon \left| \sum_{n=1}^N A_n [1 + \Delta A_n(T)] \cdot \exp(j(\phi_n + \Delta\phi_n(T))) \right|$$

В каждом приемо-передающем тракте АФАР находятся температурные датчики для ППМ, а также в самом РЭК вблизи стоек с ППМ установлены датчики окружающего воздуха, отслеживающие температуру окружающего воздуха. Для решения начально-краевой задачи можно принять данные с датчиков за начальные условия. Будем

исходить из предположения, что температура воздуха в каждой точке одинакова и равна температуре с температурных датчиков

Моделировать процессы теплопроводности будем в области подрешетки АФАР, тогда при моделировании можно наложить граничные условия 3 рода:

$$\alpha \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{cp} = h(T_0 - T_{cp})$$

Где h – коэффициент теплопередачи. Также необходимо задать начальные значения фаз и амплитуд. Таким образом, начально-краевая задача для уравнения теплопроводности для подрешетки АФАР будет выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(\alpha^2(r)\nabla T) + \xi\omega\epsilon_0\epsilon \left| \sum_{n=1}^N A_n [1 + \Delta A_n(T)] \cdot \exp(j(\phi_n + \Delta\phi_n(T))) \right|, \\ \alpha \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{cp} = h(T_0 - T_{cp}), \\ T(r_{ППМ}, 0) = T_n, T(r_{ВНЕШ}, 0) = T_0, \\ T = T(\vec{r}, t). \end{array} \right.$$

Тандемное уравнение теплопроводности при начальных и граничных условиях позволяет получить распределение температур, после чего по данным рассчитываются поправки к амплитуде и фазе сигнала.

Заключение

Представленная модель на основе тандемных уравнений теплопроводности позволяет оперативно корректировать искажения в АФР и строить правильную диаграмму направленности. По тандемному принципу построено оригинальное уравнение теплопроводности, решение которого позволяет оперативно получать поправки к фазе и корректировать АФР без значительных временных затрат.

Разработанный методический аппарат был положен в основу интеллектуального алгоритма оперативной коррекции АФР.

Список литературы

1. Нахмансон, Г.С. Влияние энергетических потерь при обработке сигналов на максимальную дальность действия и точность определения координат в радиолокационных системах / Г.С. Нахмансон, А.В. Суслин // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2015. – С. 51-54.

2. Оценка влияния параметров приемо-передающего тракта РЛС на результаты обработки фазокодированных сигналов с равномерным энергетическим спектром / А.А. Роженцов, Я.А. Фурман, Р.Г. Хафизов, А.В. Казаринов // V Всероссийские Армандовские чтения, Муром. – 2015.

3. Munoz-Ferreras, J.M. Super resolution versus Motion Compensation-Based Techniques for Radar Imaging Defense Applications / J.M. Munoz-Ferreras, F. Perez-Martinez // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing Volume. – 2010. – Article ID : 308379. – P. 9. – DOI : 10.1155/2010/308379.

4. Wang, Y. Effect of Temperature on Electromagnetic Performance of Active Phased Array Antenna / Y. Wang, C. Wang // Electronics 2020. – No 9. – P. 1211-1214.

5. Перлов, А.Ю. Обеспечение точности установки цифровых линий задержки в РЛС с крупноапертурными ФАР / А.Ю. Перлов, А.Н. Алташин, А.М. Ермаков // МИНЦЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ : труды III Всероссийской научно-технической конференции молодых конструкторов и инженеров, посвященной 70-летию Радиотехнического института имени академика А.Л. Минца и 70-летию ФИЗТЕХА (Москва, 26 ноября 2015 года). – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана (НИУ). – 2016. – С. 51-57.

6. Прилуцкий, А.А. Возбуждение АФАР больших электрических размеров широкополосным ЛЧМ сигналом / А.А. Прилуцкий // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. Выпуск 1 (240). – 2016. – С. 4-18

Оценка выявляемости расслоений в многослойных диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытиях методом поверхностных электромагнитных волн путем имитационного моделирования

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru

П. А. Федюнин, email: fpa1969@yandex.ru

Д. А. Рябов, email: danalexr@list.ru

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»

***Аннотация.** Представлены результаты исследования оценки применимости поверхностных электромагнитных волн СВЧ диапазона для выявления расслоений в многослойных диэлектрических покрытиях. Обоснован и введен статистический предел разрешения величины расслоения в двухслойном диэлектрическом покрытии, что позволяет оценить возможность различения двух близких величин расслоений в зависимости от ширины полосы частот измерений, их количества и отношения «сигнал–шум».*

***Ключевые слова:** диэлектрическое покрытие, метод поверхностных электромагнитных волн, расслоение, статистический предел разрешения расслоения, имитационная модель*

Введение

Создание современных авиационных комплексов (АК) связано с использованием различных диэлектрических покрытий на металлическом основании. Например, проектирование элементов планера АК не обходится без использования высокопрочных покрытий с заданными физико-механическими свойствами. К таким покрытиям относятся композиционные полимерные материалы, изготовленные на основе высокопрочного наполнителя в виде непрерывных нитей, тканей и т. д. и связующей матрицы. Зачастую покрытия на основе подобных материалов имеют многослойную структуру. Применение этих покрытий в различных ответственных изделиях требует обеспечения их высокого качества и надежности [1]. Между тем в процессе их производства и эксплуатации в них появляются различные дефекты (сколы, трещины, расслоения и т. п.), что приводит к изменению физико-

механических свойств, ухудшению качества и надежности изделия в целом [1].

Для оценки качества многослойных диэлектрических покрытий наиболее предпочтителен дефектоскопический контроль на сверхвысоких частотах, входящих в рабочий диапазон изделия.

Для многослойных покрытий принадлежность дефекта тому или иному слою имеет важное значение. Например, наличие дефекта клеевой прослойки может оказать существенное влияние на прочностные характеристики многослойной конструкции. Поэтому важно знать, на какой глубине обнаружен дефект.

Проведенные в [2] исследования показали перспективность использования для оценки отслоения покрытия от металлической подложки метода поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ), где в качестве информативного параметра выступает коэффициент ослабления (КО) поля ПЭМВ по нормали к поверхности покрытия – α_y .

Целью представленной работы является определение точности оценки величины расслоения в двухслойном диэлектрическом покрытии (ДП) методом поверхностных электромагнитных волн с помощью имитационной модели.

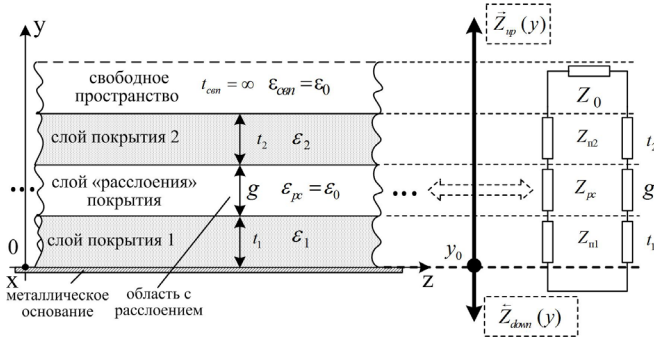
1. Имитационная модель для оценки степени расслоения между слоями двухслойного диэлектрического покрытия

На рис. 1 приведена геометрия задачи нахождения дисперсионного уравнения двухслойного диэлектрического покрытия при расслоении между слоями. Диэлектрическое покрытие характеризуется вектором электрофизических и геометрических параметров (ЭФГП) $\xi_{\text{п}} = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, t_1, t_2\}$, ε_1 и ε_2 – относительные диэлектрические проницаемости первого и второго слоя покрытия, соответственно, а t_1 и t_2 их толщины. Область с расслоением покрытия берется в виде дополнительного «слоя» покрытия с ЭФГП $\varepsilon_{\text{pc}} = \varepsilon_0$ и толщиной расслоения $t_{\text{pc}} = g$, ε_0 – электрическая постоянная. Область над покрытием формально представляется в виде отдельного «слоя» покрытия с ЭФГП $\varepsilon_{\text{свн}} = \varepsilon_0$ и $t_{\text{свн}} = \infty$.

Оценка величины расслоения g между слоями в многослойном ДП методом поверхностных электромагнитных волн сводится к минимизации целевой функции, построенной как невязка между экспериментальными и модельными комплексными коэффициентами ослабления поля ПЭМВ на частотах f_k , $k = 1, \dots, K$, K – количество частот измерений [2]:

$$\hat{g} = \arg \min_{g \in g_{\text{доп}}} \left(\sum_{k=1}^K |\hat{\alpha}_k(f_k, \xi_n, g) - \alpha_k(f_k, \xi_n, g)|^2 \right),$$

где $\hat{\alpha}_k(f_k, \xi_n, g)$ – модельные коэффициенты ослабления поля ПЭМВ;
 $\alpha_k(f_k, \xi_n, g)$ – экспериментальные коэффициенты ослабления поля ПЭМВ;
 $g \in g_{\text{доп}}$ – область допустимых значений величин расслоения.



*а – геометрия задачи нахождения дисперсионного уравнения двухслойного диэлектрического покрытия с расслоением,
 б – эквивалентная схема двухслойного диэлектрического покрытия с расслоением*

Рис. 1. Геометрия двухслойного диэлектрического покрытия на металлической подложке при расслоении между слоями

В качестве дисперсионного уравнения для собственных волн в ДП используется уравнение поперечного резонанса [3, 4], записанное относительно произвольно выбранного опорного сечения y_0 :

$$\bar{Z}_{up}(y) + \bar{Z}_{down}(y) = 0,$$

где $\bar{Z}_{up}(y)$ и $\bar{Z}_{down}(y)$ – эквивалентные характеристические сопротивления «вверх» и «вниз» относительно опорного сечения y_0 .

Для удобства дальнейших преобразований в качестве опорного сечения y_0 выберем границу между металлическим основанием и первым слоем покрытия.

Коэффициент ослабления поля ПЭМВ α_y связан с постоянной распространения γ и коэффициентами фазы q_n ПЭМВ диэлектрического покрытия следующими зависимостями:

– область свободного пространства:

$$\alpha_y = \sqrt{\gamma^2 - k_0^2},$$

где $\gamma \leq$ – постоянная распространения поля ПЭМВ; k_0 – волновое число свободного пространства, $k_0 = 2\pi/\lambda$;

– в слоях диэлектрического покрытия:

$$q_{ni} = \sqrt{k_{ni}^2 - k_0^2 - \alpha_y^2}, \quad i = 1, 2,$$

где k_{ni} – волновое число в слоях покрытия, $k_{ni} = 2\pi/\sqrt{\epsilon_{ni}}$, ϵ_{ni} – относительные диэлектрические проницаемости слоев покрытия 1 и 2, соответственно;

– область с расслоением в диэлектрическом покрытии:

$$q_{отсл} = j\alpha_y.$$

С учетом выражений (3, 4) выразим характеристические сопротивления слоев через коэффициент ослабления поля ПЭМВ α_y .

Характеристические сопротивления для Е-волн имеют следующий вид:

– «слой» свободного пространства:

$$Z_0 = -j \frac{\alpha_y}{\omega \epsilon_0},$$

где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота; ϵ_0 – диэлектрическая постоянная.

– слои диэлектрического покрытия:

$$Z_{ni} = \frac{q_i}{\omega \epsilon_0 \epsilon_i}, \quad i = 1, 2,$$

где q_i – коэффициенты фазы ПЭМВ, определяемые по выражению (4).

– слой расслоения в покрытии:

$$Z_{\Pi} = \frac{q_{отсл}}{\omega \epsilon_0},$$

где $q_{отсл}$ – коэффициент фазы ПЭМВ, определяемый по выражению (5).

Расчетная схема для нахождения характеристического сопротивления «вверх» $\vec{Z}_{up}(y)$ путем трансформации сопротивлений слоев покрытия приведена на рис. 4.

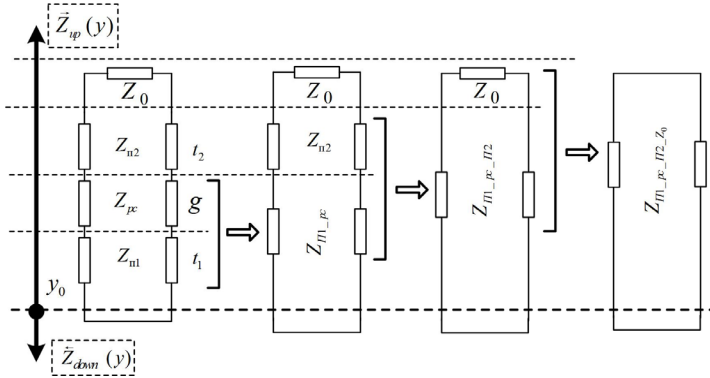


Рис. 2. Расчетная схема трансформации характеристических сопротивлений эквивалентной схемы двухслойного диэлектрического покрытия с расслоением

На основании рис. 2 последовательные этапы трансформации можно представить следующей рекуррентной формулой:

$$\begin{aligned}\bar{Z}_{n1_pc} &= Z_{n1} \frac{Z_{pc} + jZ_{n1} \operatorname{tg}(q_{n1} t_1)}{Z_{n1} + jZ_{pc} \operatorname{tg}(q_{n1} t_1)}, \\ \bar{Z}_{n1_pc_n2} &= \bar{Z}_{n1_pc} \frac{Z_{n2} + j\bar{Z}_{n1_pc} \operatorname{tg}(q_{pc} g)}{\bar{Z}_{n1_pc} + jZ_{n2} \operatorname{tg}(q_{pc} g)}, \\ \bar{Z}_{n1_pc_n2_Z_0} &= \bar{Z}_{n1_pc_n2} \frac{Z_0 + j\bar{Z}_{n1_pc_n2} \operatorname{tg}(q_{n2} t_2)}{\bar{Z}_{n1_pc_n2} + jZ_0 \operatorname{tg}(q_{n2} t_2)},\end{aligned}$$

где q_{n1} – коэффициент фазы ПЭМВ в 1 слое покрытия; q_{n2} – коэффициент фазы ПЭМВ во 2 слое покрытия; t_1 – толщина 1 слоя покрытия; t_2 – толщина 2 слоя покрытия; g – величина расслоения.

Таким образом, итоговое дисперсионное уравнение для двухслойного диэлектрического покрытия с расслоением, на основе (9), может быть представлено в следующем виде:

$$\bar{Z}_{n1_pc_n2_Z_0} = 0.$$

Экспериментальные значения коэффициента ослабления поля ПЭМВ $\dot{\alpha}_s(f_k, \xi_n, g)$, как функции частоты и величины расслоения g , наблюдаются в эксперименте при наличии аддитивных случайных помех, и были представлены в виде [2]:

$$\dot{\alpha}_3(f_k, \xi_n, g) = \dot{\alpha}_m(f_k, \xi_n, g) + n(f_k); \quad k = 1, 2, \dots, K,$$

где $\dot{\alpha}_3(f_k, \xi_n, g)$ – экспериментальное значение коэффициента ослабления поля ПЭМВ, $\dot{\alpha}_m(f_k, \xi_n, g)$ – модельное значение коэффициента ослабления поля ПЭМВ; $n(f_k)$ – функция моделирующая шум, воздействующий на k -измерение и обусловленный помимо случайных погрешностей, также методическими и систематическими погрешностями; K – число частот, на которых проводятся измерения.

Оценку величины расслоения будем проводить на основе анализа значений средней квадратической ошибки определения величины расслоения $\Delta_g = |\hat{g} - g|^2$.

Среднее значение Δ_g по всем возможным расслоениям $g \in \{g_1, g_2, \dots, g_N\}$ представим следующим образом [2]:

$$\Delta_g = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |\hat{g}_n - g_n|^2,$$

где \hat{g}_n – n -величина расслоения, полученная при минимизации целевой функции (1).

2. Реализация электродинамической модели в системе Matlab

Значение функционала (1) представляет собой квадрат евклидова расстояния между экспериментальными и модельными коэффициентами ослабления поля ПЭМВ. Его численная минимизация 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 (1). Основные из них следующие: размер популяции: 500000, вероятность скрещивания 90 %, вероятность мутации 10 %.

3. Результаты численных экспериментов по оценке

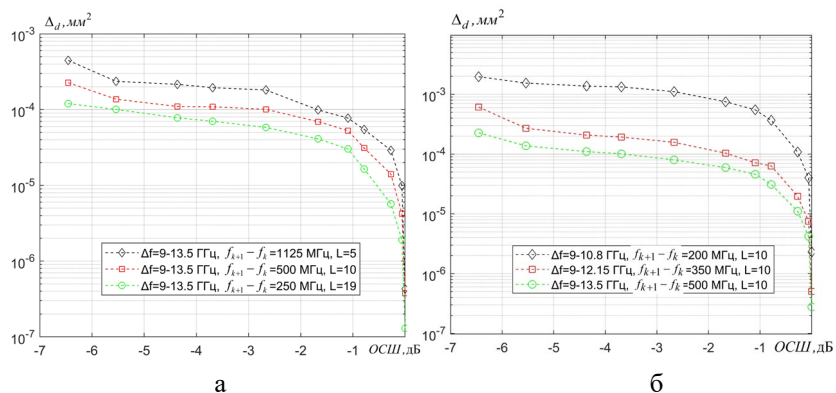
В качестве материала для численных исследований выбрали диэлектрический СВЧ-ламинат Rogers Ro4003C ($\epsilon_1 = 3,4 + j0,0095$, $t_1 = 0,508$ мм), применяемый для производства изделий СВЧ электроники [5]. Толщины слоев покрытия приняли равными 1 мм: $t_1 = 1$ мм, $t_2 = 1$ мм.

Численный эксперимент осуществлялся следующим образом. Изменяли значения величины расслоения от 0 до 0,5 мм с шагом 0,01 мм. Численная

минимизация целевой функции (1) осуществлялась с помощью генетического алгоритма средствами пакета Matlab.

Для моделирования экспериментальных коэффициентов ослабления $\dot{\alpha}_3(f_k, \xi_{п}, g)$ к модельным значениям $\dot{\alpha}_m(f_k, \xi_{п}, g)$, на основе модели (11), был добавлен аддитивный некоррелированный гауссовский шум с известной мощностью N_0 . Значения шума представляли в виде значений среднего квадратического отклонения (СКО) $\sigma(\dot{\alpha}_m(f_k, \xi_{п}, g)) = \sqrt{N_0 / 2}$ коэффициентов ослабления поля ПЭМВ.

На рис. 2а представлены зависимости средней квадратической ошибки Δ_g оценки расслоения в ДП 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 рис. 2б представлены зависимости средней квадратической ошибки Δ_g при возрастании значений ОСШ, при фиксированной полосе частот измерений $\Delta f = 9-13,5 ГГц$, для трех значений количества частот измерений: $L_1 = 5$, $L_2 = 10$, $L_3 = 19$.



а – при возрастании ширины полосы частот измерений; б – при возрастании количества частот измерений

Рис. 3. Зависимости средней квадратической ошибки Δ_g оценки расслоения в ДП

Анализ зависимостей рис. 3 показывает, что средняя квадратическая ошибка Δ_g оценки величины расслоения уменьшается

при возрастании ОСШ, увеличения ширины Δf полосы частот измерений и их количества.

Проведенные численные эксперименты показали, что при ширине полосы частот $\Delta f = 9 - 13,5 \text{ ГГц}$, предельный прирост повышения точности обеспечивается при измерениях на 19 частотах.

Заключение

Многочастотное измерение коэффициента ослабления ПЭМВ в полосе частот, позволяет производить высокоточную оценку величины расслоений в многослойных ДП на металлическом основании. Проведенное имитационное моделирование показало принципиальную возможность обеспечить значения регистрируемых величин расслоений в двухслойном ДП 20 мкм и менее при измерениях в полосе частот $\Delta f = 9 - 13,5 \text{ ГГц}$. 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. 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.
3. Valerio G. Fundamental properties of surface waves in lossless stratified structures / G. Valerio, D.R. Jackson, A. Galli // Proceedings of the Royal Society. – Vol. 466. – pp. 2447–2469.
4. Frezza F. Electromagnetic inhomogeneous waves at planar boundaries: tutorial / F. Frezza, N. Tedeschi // Journal of the Optical Society of America A. – Mar 2015. – Vol. 32. – No 8. pp. 1485–1501.
5. Богданов Ю., Кочемасов В., Хасьянов Е. Фольгированные диэлектрики – как выбрать оптимальный вариант для печатных плат ВЧ/СВЧ-диапазонов. Часть 1 / Ю. Богданов, В. Кочемасов, Е. Хасьянов // Печатный монтаж. – 2013. – № 2. – С. 156–168.

Алгоритм снижения электромагнитной доступности элементов адаптивных сетей авиационной радиосвязи

Р. О. Кашеваров, e-mail: roman-kashevarov@rambler.ru

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru,

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

***Аннотация.** Предложен алгоритм снижения электромагнитной доступности элементов сетей авиационной радиосвязи на основе адаптивного управления мощностью излучаемых радиосигналов при их параллельной ретрансляции.*

***Ключевые слова:** электромагнитная доступность, авиационная радиосвязь, оптимизация, ретрансляция.*

Введение

Опыт применения авиации в современных военных конфликтах показал, что широкое применение противником средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) существенно повышает требования к разведзащищенности и помехоустойчивости систем авиационной связи. При этом, наиболее выраженными демаскирующими признаками обладают средства радиосвязи, являющиеся технической основой систем управления авиацией в воздухе. Вскрытие системы связи влечет за собой, в конечном итоге, огневое или радиоэлектронное поражение элементов системы управления.

Таким образом, актуальной задачей является повышение разведзащищенности системы авиационной радиосвязи при обеспечении требуемых показателей достоверности и своевременности передачи информации. Целью работы является повышение разведзащищенности сетей авиационной радиосвязи на основе снижения электромагнитной доступности (ЭМД) ее элементов.

1. Обоснование способов снижения электромагнитной доступности средств авиационной радиосвязи

В настоящее время для развертывания сетей авиационной радиосвязи применяются наземные средства ультракоротковолновой (УКВ) и коротковолновой (КВ) радиосвязи, а воздушные суда оснащены бортовыми средствами УКВ и КВ радиосвязи.

В качестве бортовых УКВ и КВ радиостанций самолетов и вертолетов в настоящее время используются радиостанции разных поколений, обеспечивающие телефонную радиосвязь и радиосвязь передачи данных в комплексе с аппаратурой быстрогодействия [1]. К общим демаскирующим признакам (ДМП) бортовых средств авиационной радиосвязи необходимо отнести наличие эффекта Доплера.

Бортовые УКВ радиостанции используются при организации связи в пределах прямой видимости [1]. При этом современные радиостанции имеют возможность работы в помехозащищенном режиме с программной перестройкой радиочастоты (ППРЧ) с использованием широкополосных сигналов, что позволяет уменьшить ЭМД радиосредств на основе снижения времени работы радиостанций на одной частоте. Однако, радиостанции более ранних поколений не имеют помехозащищенного режима работы, работают в известном частотном диапазоне (100-150; 220-400 МГц) на фиксированных частотах в совокупности с применением узкополосных сигналов, что существенно повышает их ЭМД.

Бортовые КВ радиостанции используются при организации связи за пределами прямой видимости. Они обладают рядом существенных демаскирующих признаков (ДМП), повышающих их ЭМД. К ним можно отнести высокий уровень мощности излучаемых сигналов (от 100 Вт до 1 кВт), работа узком частотном диапазоне (1,5-30 МГц) на фиксированных частотах, применение узкополосных сигналов [1].

Для организации авиационной радиосвязи с самолетами и вертолетами с пунктов управления (ПУ) применяются наземные радиостанции УКВ и КВ диапазонов. Наземные УКВ радиостанции позволяют снизить ЭМД за счет минимизации времени работы на одной частоте в режиме ППРЧ. Наземные КВ радиостанции обладают высокой ЭМД, обусловленной рядом существенных ДМП: высокий уровень мощности излучаемых сигналов; работа узком частотном диапазоне на фиксированных частотах; применение узкополосных сигналов и др. [1].

Необходимо отметить, что в условиях современных военных конфликтов, работа авиации вблизи линии боевого соприкосновения, а также над территорией противника осложняется комплексным применением эшелонированной системы противовоздушной обороны (ПВО) и средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ), сопряженными со средствами радиоэлектронной разведки (РЭР) противника [2].

Приведенные факторы обуславливают применение армейской авиации преимущественно на малых и сверхмалых высотах [3], что снижает возможность управления по УКВ радиолиниям. В свою очередь, увеличение дальности действия оперативно-тактических и

тактических ракетных комплексов противника [4] вынуждает развертывать ПУ авиацией дальше от линии боевого соприкосновения войск, за пределами досягаемости таких комплексов.

Невозможность управления авиацией по УКВ радиолиниям приводит к повышению интенсивности радиообмена по КВ радиолиниям, что снижает скрытность управления авиацией.

Для увеличения дальности связи за пределами прямой видимости могут быть использованы воздушные ретрансляторы связи по УКВ радиолиниям. В этом случае дальность связи может быть найдена как сумма дальностей связи на составных радиолиниях:

$$D_{ПУ-ВС} = D_{ПУ-РС} + D_{РС-ВС} \quad (1)$$

где $D_{ПУ-РС}$ – дальность связи между наземным пунктом управления (ПУ) и ретранслятором (РС); $D_{РС-ВС}$ – дальность связи между РС и воздушным судном (ВС).

При этом максимальная дальность связи при высотах полета воздушных судов от 50 до 100 м и высоте полета ретранслятора 4 км, в соответствии с (1), составляет порядка 500 км, что позволяет обеспечить устойчивое управление авиацией с ПУ в ходе выполнения боевых задач. При увеличении высоты полета ретранслятора до 10 км дальность связи увеличивается до 800 км, что позволяет минимизировать интенсивность работы КВ радиолиний и, соответственно, снизить ЭМД элементов сетей авиационной радиосвязи.

В настоящее время на вооружении ведущих стран мира имеются воздушные ретрансляторы связи самолетного и вертолетного базирования [1]. Однако, относительно небольшое количество таких ретрансляторов и высокая стоимость их применения затрудняют широкое применение такого способа организации воздушной радиосвязи. В тоже время, известны исследования по применению беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в качестве ретрансляторов связи, например [5]. В настоящее время БПЛА находят все более широкое применение для решения задач разведки, корректировки огня, огневого поражения. В то же время, возможности применения БПЛА в качестве ретрансляторов для организации воздушной УКВ радиосвязи в настоящее время в полной мере не используются. В настоящее время промышленностью освоен выпуск БПЛА различных серий. Целесообразно рассмотреть возможность применения БПЛА в качестве воздушных ретрансляторов для увеличения дальности связи и повышения и разведзащищенности системы авиационной радиосвязи.

2. Оптимизации энергетических параметров ЭМД на основе способа параллельной ретрансляции

Рассмотрим возможности способа параллельной ретрансляции [6, 7] с точки зрения оптимизации энергетических параметров ЭМД элементов сети авиационной радиосвязи.

Рассмотрим сеть УКВ радиосвязи, состоящую из узла отправителя сообщения (наземная радиостанция), узла получателя сообщения (радиостанция, расположенная на воздушном судне) и N -узлов воздушных ретрансляторов (например, радиостанций, находящихся на БПЛА). Вариант подобной системы представлен на рис. 1.

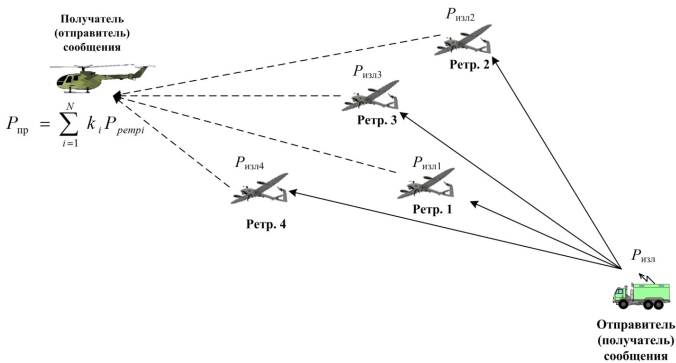


Рис. 1. Способ организации авиационной радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов

Каждый ретранслятор может работать в следующих режимах:

- последовательная ретрансляция через составные радиолинии;
- параллельная ретрансляция [6].

При отсутствии радиоэлектронной разведки (РЭР) и радиоэлектронного поражения (РЭП) со стороны противника, предполагается работа рассматриваемой сети радиосвязи либо в режиме непосредственной связи наземной радиостанции с воздушным судном, либо режиме последовательной ретрансляции сигналов через один или несколько БПЛА с маломощными радиостанциями на борту.

При обнаружении факта воздействия на сеть радиосвязи связи систем РЭР и РЭП противника и наличии доступных ретрансляторов, осуществляется переход в режим параллельной ретрансляции [6, 7]. Получатель сообщений осуществляет прием сигналов по параллельным каналам с синфазным сложением мощности и по каналу обратной связи осуществляет синхронизацию передатчиков ретрансляторов.

Суммарный сигнал на входе приемника получателя сообщений представим в виде:

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^N (P_{\text{пер } i} \cdot G_{\text{пер } i}) \cdot G_{\text{пр}} \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot W_{\text{пр}} \cdot \sum_{i=1}^N (D_i^2 \cdot W_i)} \quad (2)$$

где N – количество ретрансляторов; $P_{\text{пер } i}$ и $G_{\text{пер } i}$ – мощность передатчика и коэффициент усиления передающей антенны i -го ретранслятора; $G_{\text{пр}}$ – коэффициент усиления приемной антенны получателя сообщений; λ – длина волны; D_i – расстояние между i -м ретранслятором и приемником получателя сообщений; W_i – коэффициент учитывающие дополнительные потери сигнала в i -м канале ретрансляции сверх потерь при распространении его в свободном пространстве; $W_{\text{пр}}$ – коэффициент учитывающий потери сигнала в приемнике получателя сообщений.

Как следует из выражения (2), уровень излучаемой мощности передатчиков ретрансляторов, при заданном (обеспечивающим требуемую достоверность связи) уровне суммарного сигнала на входе приемника, может снижаться пропорционально увеличению количества N ретрансляторов до уровня $P_{\text{пер } i \text{ min}}$.

Системой РЭР пространственно распределенные ретрансляторы будут распознаваться как отдельные источники сигналов. В этом случае сигнал на входе приемника станции РЭР имеет вид:

$$P_p = \frac{P_{\text{пер } i} \cdot G_{\text{пер } i} \cdot G_p \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot D_p^2 \cdot W_p \cdot W_{\text{пр } p}} \quad (3)$$

где G_p – коэффициент усиления антенны станции РЭР; $D_p > D_i$ – расстояние между i -м ретранслятором и станцией РЭР; W_p – коэффициент учитывающие дополнительные потери на трассе распространения от ретранслятора до станции РЭР сверх потерь при распространении его в свободном пространстве; $W_{\text{пр } p}$ – коэффициент учитывающий потери сигнала в приемнике станции РЭР.

Сравнительный анализ выражений (2) и (3) позволяет сделать вывод, что на входе приемника станции РЭР уровень сигнала уменьшается пропорционально количеству ретрансляторов. Следовательно, минимизация мощности излучения элементов радио сети

обеспечивает минимизацию вероятности их обнаружения. При этом отправитель сообщений остается неизвестным, что приводит к тому, что система РЭР противника не сможет выявить главную радиостанцию и вскрыть состав радиосети.

Системой РЭП будет осуществляться подавление только вскрытых элементов радиосети, осуществляющих в данный момент ретрансляцию. При этом возможности сети по маршрутизации и обходу подавленных маршрутов обеспечат функционирование системы радиосвязи с заданной достоверностью.

Реализация и практическое применение воздушных ретрансляторов на БПЛА позволит оперативно развертывать информационные направления на дальностях до 450-650 км при полетах вертолетов (самолетов) на малых высотах от 50 до 100 м.

Применение рассматриваемого способа позволит снизить ЭМД элементов сети авиационной радиосвязи за счет применения на ретрансляторах маломощных радиостанций (от 1 до 4 Вт).

Наибольшая эффективность предлагаемого способа обеспечивается применением от 2 до 6 ретрансляторов.

На рис. 2 представлены результаты моделирования зависимости уровня суммарного сигнала на входе получателя сообщений от количества радиостанций, используемых для параллельной ретрансляции по представленному выше способу.

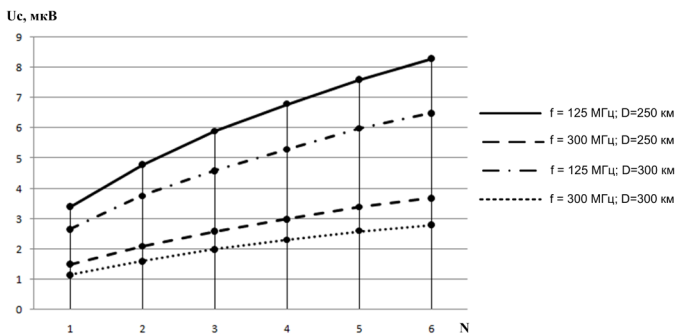


Рис. 2. Зависимость уровня сигнала в точке приема от количества параллельных ретрансляторов

Результаты моделирования показали, что предложенный способ позволяет обеспечить требуемый уровень сигнала при использовании 4 ретрансляторов. При этом уровень сигнала на входе станции РЭР будет поддерживаться ниже порога обнаружения.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет снизить ЭМД отдельных элементов сети путем минимизации мощности их передатчиков. При этом требуемый уровень полезного сигнала в точке приема обеспечивается на основе синфазного сложения сигналов параллельных ретрансляторов.

Заключение

Разработанный алгоритм снижения ЭМД элементов сетей авиационной радиосвязи основан на минимизации мощности передаваемых радиосигналов при их параллельной ретрансляции двумя и более воздушными ретрансляторами с синфазным сложением в приемнике получателя сообщений. Предложенный алгоритм позволяет повысить разведзащищенность системы связи при обеспечении требуемых своевременности и достоверности передачи информации.

Дальнейшее повышение эффективности сетей авиационной радиосвязи возможно на основе адаптивного управления структурным и параметрическим ресурсом радиосетей и комплексной оптимизации показателей эффективности.

Список литературы

1. Петухов, В.Н. Совершенствование сетей авиационной радиосвязи Воздушно-космических сил на период до 2025 года / В.Н. Петухов, О.В. Мотин, А.В. Доброхотов // Труды XVI Российской научно-технической конференции «Новые информационные технологии в системах связи и управления», 7 июня 2017 г. – г. Калуга: изд-во «Ноосфера». – С. 14 - 18.

2. Информационные, специальные, воздушно-десантные и аэромобильные операции армий ведущих зарубежных государств: Информационно-аналитический сборник. А.Н. Сидоркин, [и др.]. – М.: Воениздат, 2011. – 344 с.

3. Митрофанов, А.В. Боевые вертолёты – основа для противодействия прорывам бронетанковых подразделений противника в зоне СВО [Электронный ресурс] / А.В. Митрофанов // Военное обозрение. – Электрон. журн. – Режим доступа: <http://www.topwar.ru/220931-jevoljucija-boevyh-vertoletov-i-ih-vooruzhenij-dosvo-i-posle.html>.

4. Storm Shadow: что дальше, к чему готовиться? [Электронный ресурс]: Военное обозрение, 2023. – Электрон. журн. – Режим доступа : <http://www.topwar.ru/217036-storm-shadow-cto-dalshe-k-chemu-gotovitsja.html>

5. Каштанов, В.В. Анализ организации связи с применением беспилотных летательных аппаратов малой дальности / В.В. Каштанов,

В.А. Немтинов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов: ТГТУ, 2022. Том 28. №4. – С. 606-614.

6. 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.

7. Рябов, А.В. Способ повышения разведзащищенности системы радиосвязи на основе управления энергетическими параметрами / А.В. Рябов, Ж.М. Алексеев // Сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Энергосбережение и эффективность в технических системах». – Тамбов: ТГТУ, 2021. – С. 8-9.

Методика учета климатических характеристик при прокладке нефтегазопроводов на примере города Пугачев Саратовской области

А. С. Кириносков, email: kirnosov2018@bk.ru ¹

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина (г. Москва)¹

***Аннотация.** В работе представлена методика учета климатических норм и средних многолетних данных температуры воздуха по ближайшим к району прокладки нефтегазопроводов метеорологическим станциям.*

***Ключевые слова:** метеостанции, климатические данные, магистральные нефтегазопроводы, температурный перепад, прочность, устойчивость, температурное поле трассы.*

Введение

Трубопроводный транспорт в нашей стране является сложной многофункциональной системой с высоким уровнем различных экономических показателей. Такой вид транспорта считается эффективным, экологически чистым и безопасным при условии его стабильной работы в штатном режиме. В то же время, многие природные факторы оказывают негативное воздействие на эффективную и безопасную эксплуатацию магистральных нефтегазопроводов.

Одним из таких факторов являются температурные перепады вдоль трассы трубопроводов. Данная тематика является актуальной ввиду того, что развитие трубопроводного транспорта в России в настоящее время связано с интенсивным освоением месторождений нефти и газа в регионах, характеризующихся сложными климатическими и геологическими условиями, в северных регионах в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов.

При различных видах напряженно-деформированного состояния нефтегазопроводов и температурного воздействия внешней среды возможно возникновение аварий и нештатных ситуаций. Поэтому крайне важно применение эффективных организационно-технических мероприятий в области промышленной безопасности еще на стадии проектирования, стадии капитального строительства и эксплуатации трубопроводов.

В настоящее время при проектировании магистральных нефтегазопроводов расчет на прочность и устойчивость, в соответствии

с требованиями СНиП, должен учитывать такой параметр, как температурный перепад.

Допускаемые значения температурного перепада определяются в результате расчета для принятого конструктивного решения трубопровода.

Однако на этапе эксплуатации абсолютные значения данного параметра могут не соответствовать проектным, так как сезонные и суточные колебания температуры воздуха, тепловое взаимодействие магистрального трубопровода и грунта приводят к изменению температурного поля трассы. Следовательно, для различных районов необходима разработка методики получения и учета соответствующей требуемой климатической информации при строительстве трубопроводов.

В работе предлагается использовать климатические нормы и средние многолетние данные температуры воздуха по ближайшим к району прокладки нефтегазопроводов метеорологическим станциям, взятые из Научно-прикладного справочника «Климат России», а также, например, из авиационно-климатических описаний соседних аэродромов.

Таким образом, целью данной работы является повышение эффективности и безопасности эксплуатации нефтегазопроводов на основе разработки методики получения и учета климатической информации о температуре воздуха.

В работе представлена такая методика на примере эксплуатации газопровода в районе города Пугачев Саратовской области. Эксплуатацией занимается Пугачевское линейное производственное управление магистральных газопроводов (Пугачевское ЛПУМГ), которое осуществляет транспорт газа по магистральным газопроводам для потребителей 7 районов Саратовской области. Такими потребляющими районами являются следующие: Пугачевский, Духовницкий, Ивантеевский, Перелобский, Озинский, Краснопартизанский и Ершовский районы.

Объем транспортируемого газа за год составляет 241,7 млн.м³. В состав Пугачевского линейного производственного управления магистральных газопроводов входит 15 служб и участков, осуществляющих подачу газа, ремонт оборудования, связь, транспортировку грузов, ремонт зданий и сооружений, химический анализ различных органических соединений, защиту газопровода от коррозии.

Разработка методики учета климатических характеристик

В основу разработки методики положен материал ежечасных метеорологических наблюдений на аэродроме Пугачев за период с 2000 по 2015 год. При этом анализировалась и учитывалась следующая справочная информация, взятая из авиационно-климатического описания аэродрома:

- средняя многолетняя месячная и годовая температура воздуха (°С);
- средняя многолетняя минимальная (максимальная) температура воздуха (°С), полученная на основании наблюдений по минимальному (максимальному) термометру за весь период наблюдений на станции;
- абсолютный минимум температуры воздуха (°С) – самые низкие значения температуры воздуха, наблюдавшиеся по минимальному термометру за указанный период наблюдений.
- абсолютный максимум температуры воздуха (°С) – самые высокие значения температуры воздуха, наблюдавшиеся по максимальному термометру за указанный период наблюдений.
- средняя месячная температура воздуха по срокам наблюдений (°С);
- максимальная, минимальная температура воздуха по разным срокам (°С);
- средняя, максимальная и минимальная амплитуды суточного хода и межсуточные изменения температуры воздуха (°С);
- средняя декадная температура воздуха;
- средняя дата перехода температуры воздуха через 0 °С к отрицательным значениям и обратно, а также число дней с оттепелями в зимний период.

Исходные данные для составления авиационно-климатического описания представляются как архивная выборка в виде матрицы:

$$Z_{n \times N} = \left(z_{ij} \right)_n^N. \quad (1)$$

В выражении (1) Z представляет собой метеорологический признак (в частности, температуру), n – количество метеорологических признаков, N – количество наблюдений.

Расчет вышеуказанных средних температурных параметров производился с использованием выражения (2):

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^K T_i. \quad (2)$$

В выражении (2) $K=N$, если расчет выполнялся по всему ряду наблюдений за температурой и $K=12$, если расчет выполнялся по месяцам.

Дополнительно использовалась следующая информация.

Аэродром Пугачев расположен в 3-х км северо-восточнее железнодорожной станции Пугачевск и на северной окраине населенного пункта Пугачев. Географические координаты контрольной точки аэродрома $52^{\circ}02'$ СШ и $48^{\circ}49'$ ВД. Абсолютная высота аэродрома + 43 метра. Часовой пояс третий. Магнитное склонение + 10° [1-4].

Рельеф.

Левобережье представляет собой холмистую равнину с абсолютными высотами 150-200 метров, полого наклонную в сторону Саратовского водохранилища. Местность открытая, подходы к водохранилищу свободные.

Гидрография.

Река Большой Иргиз, ширина 50-60 метров, глубина по фарватеру 15-20 метров. Правые берега крутые, левые – низкие. Скорость течения 0,1-0,2 м/с. Начало ледообразования в первой декаде декабря, река замерзает в конце ноября. Толщина ледяного покрова 50-70 метров. Вскрытие в первой половине апреля. Весеннее половодье продолжается 10-12 дней, высота уровня воды 4-5 метров.

Растительность.

Леса лиственные (дуб, клен, осина, береза) располагаются отдельными вытянутыми массивами вдоль реки Большой Иргиз. Высота деревьев 12-15 метров, толщина стволов 0,1-0,25 метров, расстояние между деревьями 2-5 метров. Подлесок густой, высотой 2-3 метра. Просеки имеют ширину 3-5 метров. Многие из них пригодны для проезда автотранспорта.

Почвы и грунты.

Грунты на большей части территории глинистые, суглинистые и супесчаные. Грунтовые воды залегают на глубине от 3 до 8 метров.

Проезжимость территории.

В районе аэродрома проходит усовершенствованное шоссе Самара-Саратов республиканского значения с асфальтовым покрытием, ширина проезжей части 6-7 метров, полотна 4-5 метров. Прочие шоссе со щебеночным покрытием, ширина проезжей части 5-8 метров. Улучшенные грунтовые (ширина 3-4 метра, местами усилены щебенкой) и грунтовые дороги во время снеготаяния и после дождей труднопроходимы для автотранспорта.

Аэродром Пугачев расположен в зоне умеренно-континентального климата (лесостепь). Эта зона является переходной от зоны лиственных лесов умеренных широт к зоне степи [4].

В течение всего года господствует континентально-умеренный воздух (КУВ), но часто вторгается морской умеренный воздух (МУВ) с Атлантики. Вторжения часто наблюдаются зимой.

В зимний сезон часто наблюдаются вторжения морского арктического воздуха (МАВ) с северо-запада и континентально-арктического (КАВ) с севера и северо-востока.

Летом может наблюдаться континентально-тропический воздух (КТВ) с юго-востока или Средней Азии, при этом наблюдается период жаркой, засушливой погоды. Сезоны года выражены хорошо.

По району аэродрома наблюдаются два вида общей циркуляции атмосферы:

- зональный перенос;
- циркуляция, связанная с прохождением циклонов и антициклонов.

Устойчивые синоптические процессы в районе аэродрома можно разделить на четыре вида: северо-западный; юго-западный; юго-восточный; антициклональный.

Температура воздуха характеризует тепловое состояние атмосферы. Из табл. 1-3, видно, что среднегодовая температура воздуха составляет +7,0 °С, абсолютный максимум + 42,4 °С, абсолютный минимум – 28,4 °С [4].

Наиболее жаркий – июль месяц со среднегодовой температурой +23,9 °С, наиболее холодный месяц – январь со среднегодовой температурой – 7,7 °С.

Таблица 1

Средняя температура по срокам, месяцам, за год

Час	Месяц												Средняя температура
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
00	-7,8	-5,6	-2,8	9,7	7,5	17,5	21,8	19,1	9,2	3,8	-1,4	-6,6	5,3
01	-7,4	-5,9	-2,9	9,7	7,4	17,3	19,7	18,7	8,6	5,1	-5,0	-6,7	4,9
02	-7,8	-5,9	-3,0	9,7	7,0	17,3	19,5	17,5	7,8	3,9	-5,4	-7,4	4,4
03	-7,6	-5,9	-3,1	9,6	6,3	17,3	18,0	17,4	7,5	3,0	-6,0	-8,2	4,0
04	-7,9	-6,2	-3,1	9,5	6,2	17,4	17,7	17,0	7,2	2,9	-6,0	-8,2	3,9
05	-8,0	-6,6	-3,2	9,4	6,0	18,2	17,8	16,8	7,0	2,9	-5,8	-8,2	3,9
06	-8,3	-6,8	-3,3	9,3	6,4	19,6	18,2	16,6	7,4	3,2	-5,4	-7,8	4,1
07	-10,8	-6,9	-3,0	9,3	7,2	20,8	19,3	17,0	7,6	3,8	-4,9	-7,8	4,3
08	-8,8	-6,6	-2,6	9,3	10,4	22,0	21,2	18,2	8,2	4,0	-4,0	-5,8	5,5
09	-8,6	-6,7	-2,0	9,6	12,8	22,6	22,5	20,1	10,1	5,2	-3,7	-4,8	6,4
10	-8,1	-5,4	-1,2	9,8	13,8	23,8	24,0	22,4	11,2	6,3	-3,0	-4,2	7,5
11	-7,5	-4,7	-0,7	10,2	15,0	24,7	26,8	23,6	12,5	7,5	-2,5	-3,0	8,5
12	-6,1	-4,3	-0,6	10,6	15,4	25,0	27,5	24,8	13,0	7,8	-2,0	-2,5	9,1
13	-6,0	-3,5	0,8	11,2	15,8	28,3	26,2	13,8	8,6	8,6	-1,4	-2,5	8,3
14	-5,7	-3,5	1,6	11,4	16,2	25,8	30,1	26,8	14,2	9,0	-1,1	-2,4	10,2
15	-5,5	-3,3	1,8	12,0	16,2	25,8	30,4	27,3	14,9	9,6	-1,1	-2,3	10,5
16	-5,7	-3,3	1,9	12,0	16,3	25,7	30,3	27,5	15,1	9,8	-1,2	-2,2	10,5
17	-5,8	-3,4	1,9	12,0	16,1	25,2	29,5	27,0	14,8	9,8	-1,6	-2,5	10,3
18	-6,4	-4,0	1,6	11,8	15,2	24,2	27,6	26,4	13,6	9,4	-2,0	-2,6	9,6
19	-6,8	-4,3	1,2	11,4	14,1	23,6	27,0	25,3	13,0	8,6	-2,2	-2,8	9,0
20	-6,9	-4,5	1,0	11,3	12,4	22,5	26,2	23,7	12,2	7,5	-2,5	-3,4	8,3
21	-7,1	-4,9	0,8	10,7	10,8	21,7	25,2	22,5	11,8	7,0	-2,8	-5,4	7,5
22	-7,4	-5,1	-1,4	1,3	9,3	20,1	22,5	27,6	11,4	6,2	-3,2	-7,4	6,2
23	-7,8	-5,3	-2,4	9,9	9,6	18,2	22,1	20,4	10,3	6,0	-4,6	-10,2	5,5
Средняя температура	-7,7	-5,3	-0,9	10,4	11,4	21,8	23,9	22,1	10,9	6,4	-3,4	-5,2	7,0

Таблица 2

*Повторяемость (%) градаций температуры воздуха по месяцам,
за год*

Градация	Месяц												За год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
-30-25	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03
-25-20	4,7	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	0,58
-20-15	8,5	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4	1,3
-15-10	12,8	14,2	5,6	-	-	-	-	-	-	-	11,5	5,8	4,2
-10-5	23,8	26,9	16,0	-	-	-	-	-	-	-	25,0	18,7	9,2
-5-0	45,2	33,9	37,3	1,1	1,9	-	-	-	1,5	2,7	28,6	29,2	15,1
0-5	4,7	22,7	39,9	16,4	15,5	-	-	-	6,9	31,8	30,4	39,0	17,28
5-10	-	-	1,2	24,6	27,6	1,3	-	-	26,8	46,0	3,8	-	10,9
10-15	-	-	-	29,4	19,5	12,1	30,0	8,7	28,3	19,5	0,7	-	10,1
15-20	-	-	-	21,1	19,7	27,2	27,4	32,2	21,8	-	-	-	12,5
20-25	-	-	-	7,4	11,8	31,0	30,4	32,0	7,9	-	-	-	10,0
25-30	-	-	-	-	4,0	23,3	19,8	5,4	5,4	-	-	-	6,0
30-35	-	-	-	-	-	5,1	16,8	5,2	1,4	-	-	-	2,4
35-40	-	-	-	-	-	-	2,6	2,4	-	-	-	-	0,4
40-45	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,01

Таблица 3

Средняя максимальная, минимальная температура, абсолютный максимум, минимум температуры по месяцам

Показатель	Месяц												Среднее значение показателя за год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
T_{max}	-6,2	-5,3	4,5	11,5	21,1	26,2	26,3	27,7	21,9	9,9	2,6	-3,4	11,4
T_{min}	-11,2	-14,9	-2,1	0,6	9,0	12,6	16,3	14,3	9,8	2,9	-1,8	-8,5	2,3
Абсолютный максимум температуры	2,0	4,2	9,6	23,2	29,8	34,4	38,4	42,4	30,4	13,0	10,4	2,0	-
Абсолютный минимум температуры	-28,4	-24,6	-16,2	-4,4	-1,2	8,0	12,4	11,0	-0,7	-4,7	-14,2	-24,6	-

Особенности района аэродрома характеризуются следующими деталями [4]:

- первый заморозок в воздухе – 28 сентября;
- последний заморозок в воздухе – 19 мая;
- появление снежного покрова – 12 ноября;
- сход снежного покрова – 15 апреля;
- образование устойчивого снежного покрова – 25 ноября;
- сход устойчивого снежного покрова – 4 апреля;
- среднегодовое атмосферное давление 1012,4 мб;
- среднегодовая относительная влажность 60%;
- среднегодовое количество осадков 420,9 мм;
- среднее число дней с осадками 138;

– высота снежного покрова максимальная в феврале – 58 см.

Средняя скорость ветра у поверхности земли – 4,6 м/с. Число дней со скоростью ветра более 15 м/с – 41,6 дней. Преобладающими направлениями ветров являются СВ, ЮВ, ЮЗ. Меньшую повторяемость имеют ветра восточного направления.

Наиболее сложные погодные условия в районе аэродрома Пугачев наблюдаются с ноября по март с максимумом повторяемости в декабре месяце (52,2) % и в феврале (27 %). В весенне-летний период существенно преобладают простые метеорологические условия.

Дождь в районе аэродрома наблюдается с марта по ноябрь. Среднее число дней с дождем – 87. Видимость в дожде обычно не менее 4 км.

Среднее число дней с гололедом в году – 4 дня, максимум приходится на январь месяц.

Град отмечается очень редко, в среднем 1-2 раза в год в период с мая по август [4].

Вышеперечисленные физико-географические особенности района города Пугачев, характеристики рельефа, основные влияющие синоптические процессы, изменчивость различных метеорологических величин и явлений погоды в различные сезоны года в совокупности оказывают влияние на температурный фон и, особенно, на перепады температур.

Таким образом, всестороннее использование информации о температуре воздуха, а также информации о других метеорологических условиях представляют собой в совокупности предлагаемую методику получения и учета климатической информации, что позволит уменьшить риски, связанные с неучетом температурных перепадов при строительстве и эксплуатации нефтегазопроводов.

Список литературы

1. Архангельский, В. Л. Региональная синоптика Нижнего Поволжья / В. Л. Архангельский. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1968. – 208 с.
2. Научно-производственное издание. Руководящий документ РД 52.21.692–2007. Требования к составлению климатического описания аэродрома. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2007. – 38 с.
3. Таблицы естественного освещения и климатические характеристики крупных городов мира. – М.: Воениздат, Москва, 1992. – 148 с.
4. Авиационно-климатическое описание аэродрома Пугачев, 2016.

Определение параметров устойчивости метеорологических динамических систем

С. Л. Кириносков, email: slk_met@mail.ru
М. И. Шапошников, email: shap_m@mail.ru
А. Э. Бадыгин, email: arbad1a2@mail.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия»

***Аннотация.** В работе представлены характеристики устойчивости метеорологических детерминировано-хаотических систем. Исследованы предпосылки перехода систем из устойчивых состояний в состояние хаоса. Определены количественные показатели меры хаотического функционирования динамических систем.*

***Ключевые слова:** детерминированный хаос, устойчивость систем, показатель Ляпунова, мера хаоса, динамическая система.*

Введение

В работе исследуется поведение динамических метеорологических систем, представляющих собой сложные организационно-технические системы, параметры которых прямо или косвенно динамически изменяются во времени и существенно зависят от начальных условий. Такими системами могут являться авиационные системы, зависящие от метеорологических условий. Для этих систем свойственны бифуркации – раздвоение устойчивых состояний в определенный момент времени. Причины возникновения бифуркаций в определенных состояниях в сложных системах до сих пор не выявлены и могут лишь с определенной долей вероятности быть предсказаны.

Исходные состояния системы в моменты бифуркаций являются крайне неустойчивыми, и бесконечно малое воздействие может привести к выбору дальнейшего пути движения. Существенная зависимость от начальных условий является главным признаком системы, демонстрирующей состояние динамического хаоса. Сходимость-расходимость фазовых траекторий аттрактора по экспоненциальному закону систематически устраняет начальную информацию, заменяя ее новой. В результате этого неопределенность о состоянии системы в каждый последующий момент времени стремительно нарастает, что лишает возможности устанавливать причинно-следственные связи между прошлым и будущим, то есть делать точные прогнозы.

Скорость схождения и расхождения траекторий аттрактора в фазовом пространстве является мерой хаоса и характеризуется показателями Ляпунова [1, 2].

Параметры устойчивости динамической модели

Процедура нахождения показателей Ляпунова состоит в следующем.

Пусть $x(t)$ есть некоторая фазовая траектория, порождаемая динамической системой, а $y(t)$ – близкая траектория, реализующаяся при малом изменении начального условия. Подстановка $y(t)$ в исходное уравнение с учетом разложения правой части в ряд Тейлора по возмущению приводит к следующему соотношению:

$$\frac{dx}{dt} + \frac{d\tilde{x}}{dt} = F(x) + A(x(t))\tilde{x} + \dots \quad (1)$$

где $A(x(t))$ есть матрица, составленная из частных производных от компонент векторной функции $F(x)$ по компонентам вектора x :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_N} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x_1} & \frac{\partial F_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial x_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial F_N}{\partial x_1} & \frac{\partial F_N}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_N}{\partial x_N} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Спектр показателей Ляпунова, т.е. набор чисел $\{\Lambda_1, \Lambda_2, \dots, \Lambda_N\}$, следует рассматривать как характеристику линейной системы уравнений, а не какого-то одного решения, поскольку он не зависит от выбора фундаментальной системы. Для любого решения ляпуновским показателем будет обязательно одно из чисел $\{\Lambda_1, \Lambda_2, \dots, \Lambda_N\}$.

Для каждой траектории $x(t)$ уравнение в вариациях даст определенный спектр ляпуновских показателей. Присутствие в этом спектре показателя Λ означает, что существует такое возмущение исходной траектории, которое, грубо говоря, растет как $\exp(\Lambda \cdot t)$ (пока амплитуда мала и оправдано использование линейного приближения).

Следовательно, наличие в спектре хотя бы одного положительного Ляпуновского показателя означает неустойчивость рассматриваемой фазовой траектории. Если все показатели отрицательны, то это говорит об асимптотической устойчивости траектории. Если старший показатель нулевой, то это может свидетельствовать о недостаточности линейного анализа для заключения об устойчивости или неустойчивости траектории по Ляпунову [1, 2].

Поскольку критерием хаотической динамики служит присутствие положительного старшего Ляпуновского показателя, представляет большой интерес возможность его оценки на основании обработки записи реализаций (временных рядов). Предложенная для этой цели процедура состоит в следующем.

Сначала производится реконструкция аттрактора в фазовом пространстве методом запаздываний и определяется размерность вложения m . Дальнейшая последовательность действий похожа на алгоритм Бенеттина (рис. 1).

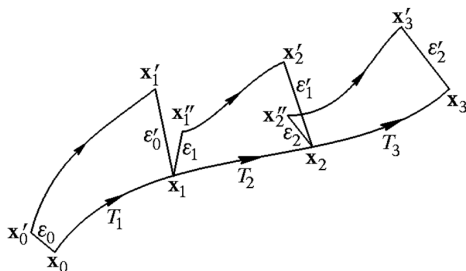


Рис. 1. К алгоритму вычисления показателя Ляпунова

Берем за исходную некоторую точку x_0 на реконструированном аттракторе и находим, просматривая запись временного ряда, другую точку x'_0 , находящуюся на малом расстоянии $\|x'_0 - x_0\| = \epsilon_0$, но не близкую по времени. Затем, используя запись реализации, отслеживаем шаг за шагом динамику при старте из этих двух точек. Когда расстояние между изображающими точками x_1 и x'_1 превысит некоторую заданную величину ϵ_{\max} остановимся и зафиксируем период времени T_1 , который для этого понадобился, и отношение конечного и начального расстояний ϵ'_0 / ϵ_0 . Теперь вновь рассмотрим реализацию с тем, чтобы отыскать другую точку старта возмущенной траектории. Она должна быть по

возможности близка к точке x_1 и сдвинута от нее по направлению, близкому к направлению вектора $x_1' - x_1$.

Пусть это точка x_1'' и $\|x_1'' - x_1\| = \varepsilon_1$. Отслеживаем теперь траектории, стартующие из точек x_1 и x_1'' , пока через некоторый следующий период времени T_2 расстояние не превысит ε_{\max} , и вычисляем отношение $\varepsilon_1' / \varepsilon_1$. Далее процедура повторяется многократно, и показатель Ляпунова оценивается как

$$\Lambda = \sum_{k=0}^{K-1} \ln(\varepsilon_k' / \varepsilon_k) / \sum_{k=1}^K T_k, \quad (3)$$

где K – общее число «ступенек» алгоритма.

Показатель Ляпунова λ для одномерного дискретного отображения $P_{n+1} = kP_n(1 - P_n)$, $\forall n = \overline{1, N}$, определяется соотношением:

$$\lambda = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{1}{N} \ln \left| \frac{df(P_n)}{dP_n} \right| \quad (4)$$

В этом выражении P_n – величина исследуемого параметра на n -ой итерации; n – индекс, указывающий на номер итерации; N – количество итераций.

Значения показателя Ляпунова, рассчитанные при различных $k \in [0, 4]$, графически представлены на рис. 2.

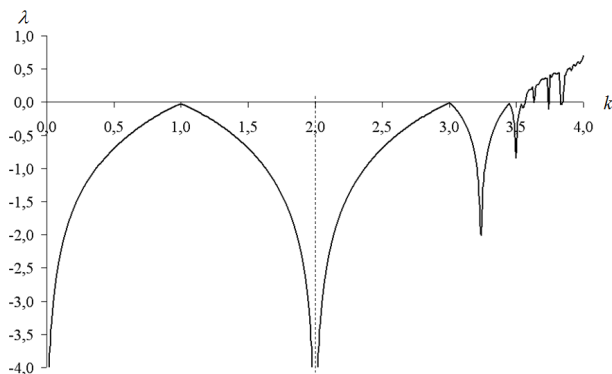


Рис. 2. Зависимость показателя Ляпунова от управляющего параметра k динамической системы

Данный показатель является численным выражением того, насколько динамическая система хаотична.

Если величина $\lambda < 0$, то это означает, что динамическая система находится в устойчивом состоянии, в то время как значения $\lambda > 0$, указывают на хаотический режим движения системы.

Анализ графика на рис. 2. позволяет сделать следующие выводы. При $0 \leq k < 3,569946$ показатель Ляпунова $\lambda < 0$, что указывает на отсутствие хаотического режима движения в рассматриваемой системе. Действительно, при $0 \leq k < 3,0$ аттрактором системы является устойчивая точка, а при $3,0 \leq k < 3,569946$ – устойчивые предельные циклы. В точке $k = 1,0$, в которой происходит потеря нулевого уровня устойчивости системы, а также в точках $k = 3,0$ и т.д., в которых возникают бифуркации удвоения периода колебаний, значения λ приближаются к нулю. Это свидетельствует о некоторой потере информации о состоянии исследуемого параметра системы в этих точках. Тем не менее, система остается полностью детерминированной в широком интервале внешних управляющих воздействий на нее.

При $k \geq 3,569946$, когда система переходит в состояние хаоса, значения показателя Ляпунова становятся положительными, кратковременно принимая отрицательные значения в области устойчивых периодических r -окоп.

Таким образом, анализ численных значений показателя Ляпунова позволяет сделать вывод о горизонте прогноза эволюции динамических метеосистем. Для увеличения срока надежного прогноза необходимо повышать точность задания начальных условий, что в настоящее время не представляется возможным. Поэтому, несмотря на то, что хаос порождается детерминированными системами, предсказание будущих количественных значений их параметров за пределами временного горизонта возможно только в вероятностных терминах на основе анализа поведения систем с помощью их аттракторов.

Список литературы

1. Матвеев, М. Г. Управление организационно-технической системой в условиях метеорологической неопределенности. Монография /М. Г. Матвеев, В. В. Михайлов. – Воронеж: ВВВАИУ (ВИ), 2006. – 128 с.
2. Михайлов, В. В. Бифуркационная модель посадки воздушного судна в условиях метеорологической неопределенности / В. В. Михайлов, М. Е. Семенов, С. Л. Кирносов // Нелинейный мир. – № 4. – Т. 12, 2014. – С. 57-63.

Аналитическая модель радиолокационного поля системы мониторинга воздушного пространства

М. В. Кныш, e-mail: mariku2713@mail.ru ¹

С. Н. Разиньков, e-mail: razinkovsergey@rambler.ru ²

¹ Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

² Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В предлагаемой статье с использованием теории возмущений построена аналитическая модель радиолокационного поля системы мониторинга воздушного пространства при противодействии обнаружению летательных аппаратов с применением комплексов имитирующих и маскирующих прицельных и заградительных помех.

Ключевые слова: Радиолокационное поле, система мониторинга воздушного пространства, имитирующие и маскирующие прицельные и заградительные помехи, теория возмущений, радиус зоны наблюдений.

Введение

Совершенствование систем мониторинга воздушного пространства и средств снижения контрастности демаскирующих признаков объектов в радиолокационном поле выполняется по практически тождественным направлениям [1, 2] при упреждающих темпах развития технологий обеспечения скрытности летательных аппаратов [1]. В этой связи для эффективного противодействия обнаружению радиолокационных целей в настоящее время совместно реализуются меры, ориентированные на уменьшение интенсивности отражения информационных сигналов [1, 3] и ухудшения условий их обработки за счет создания преднамеренных электромагнитных помех [3].

Организованные имитирующие помехи [3, 4], тождественные по структуре информационным сигналам, обладают частотно-временными параметрами, вносящими дезинформацию о типе, местоположении и траектории движения воздушного объекта. Маскирующие помехи [4], прицельные по рабочей частоте и направлению или заградительные по диапазону рабочих частот и сектору рабочих углов [1, 3], предназначены для энергетического подавления информационных каналов комплексов дистанционного мониторинга [3, 4] за счет загромождения различимости сигналов, отраженных от контролируемых целей.

Комплексы помех могут размещаться на прикрываемых воздушных судах и специализированных летательных аппаратах [4], выполняющих полет за пределами зон действия систем дистанционного мониторинга, для реализации способов индивидуальной (индивидуально-взаимной) и групповой (коллективно-групповой защиты) [1, 4] соответственно.

Создание помех приводит к синергетическому эффекту повышения скрытности объектов [1, 3, 4], проявляющемуся не только в сокращении дальности действия системы мониторинга пропорционально изменению отношения сигнал-помеха в информационных каналах в степени 0,25, но и изменению конфигурации зоны обзора с появлением секторов, в которых исключается контроль пространства [2].

В предлагаемой работе с использованием теории возмущений [5] построена аналитическая модель радиолокационного поля и проведен анализ закономерностей изменения зоны наблюдения [1, 2, 4] системы мониторинга воздушного пространства при воздействии деструктивных факторов.

Цель работы – установление границ области наблюдения объектов в радиолокационном поле при контроле воздушной обстановки в условиях преднамеренных имитирующих и маскирующих помех.

1. Базовые принципы построения и функционирования систем мониторинга воздушного пространства

Для мониторинга воздушного пространства в условиях применения средств противодействия обнаружению объектов [3] радиолокационное поле формируется согласно принципам структурно-информационного анализа [1, 2]. Их суть заключается в согласованном по пространству и времени совместном применении комплексов активной радиолокации с установлением приоритета выявления демаскирующих признаков целей в соответствии с условиями текущей обстановки [1, 2, 4]. Наиболее достоверными полагаются сведения, добываемые радиолокационными комплексами, для которых в каждый определенный момент времени складываются наиболее благоприятные условия функционирования [2].

Базовые принципы построения [1, 2] и функционирования систем мониторинга воздушного пространства [1] при анализе демаскирующих признаков, проявляющихся в радиолокационном поле, заключаются в следующем [2].

1. Максимально полный охват секторов углов наблюдения целей и перекрытие диапазонов рабочих частот, где потенциально могут быть реализованы меры по скрытию (затруднению анализа) демаскирующих признаков [1, 2, 4] а также созданию ложных признаков в интересах навязывания дезинформации о воздушной обстановке [1]. Поставленная задача решается на основе рационального выбора пространственных и

частотно-временных параметров сигналов и энергетических параметров радиоканалов для достижения максимальных значений эффективных энергетических моментов передачи-приема информационных процессов при обеспечении скрытности информационных компонентов в системе мониторинга воздушного пространства. Требование скрытности работы информационных сенсоров продиктовано необходимостью создания благоприятных режимов радиолокационного наблюдения [1] вследствие обеспечения высоких показателей защищенности от преднамеренных помех [2, 4].

2. Резервирование избыточного состава системы мониторинга и определение ее структуры с установлением местоположения комплексов активной радиолокации в интересах дублирования каналов наблюдения и резервирования информационного ресурса радиолокационного поля с учетом изменения показателей доступности для регистрации и анализа демаскирующих признаков воздушных объектов.

3. Определение стратегии управления комплексами мониторинга в соответствии с требованиями к результативности выполнения целевых задач [1] при объективных организационно-технических ограничениях на объем привлекаемого информационного ресурса. Задание правил активизации [2] и динамических диапазонов значений коэффициентов, устанавливающих приоритет использования каждого информационного сенсора [2, 4] при добывании сведений о воздушной обстановке в зоне наблюдений, обнаружении, трассовом сопровождении и распознавании объектов.

4. Формирование единой контрольно-информационной среды на основе организации каналов передачи данных, формируемых вследствие обработки добываемых сведений, от каждого комплекса радиолокации в центр сбора, обработки информации и управления, а также доведения команд, регламентирующих динамику функционирования комплексов. Задание набора однотипных характерных признаков [4], инвариантных к изменениям условий наблюдения обстановки, для выполнения процедур идентификации наблюдений (отождествления объектов, проявившихся в полях различных информационных сенсоров) для сокращения потоков ошибок при принятии классификационных решений [1] о динамических состояниях радиолокационных целей.

Границы зоны контроля воздушного пространства и наблюдения объектов устанавливаются при наличии вариаций дальности добывания сведений и исключения секторов углов пространства в диапазонах частот, где затрудняются (исключаются) выявление и обработка [1, 3, 4] демаскирующих признаков, обладающих необходимыми уровнями [1, 3] фоновой контрастности в радиолокационном поле.

2. Применение методов теории возмущений для построения аналитической модели радиолокационного поля для системы мониторинга воздушного пространства

Построение аналитической модели радиолокационного поля для системы мониторинга воздушного пространства, как показано в [1, 2], заключается в нахождении зоны наблюдения, выявления и обработки демаскирующих признаков объектов.

Уравнение годографа, задающего контур области пространства для выполнения функций мониторинга с применением радиолокационного поля, может быть получено с использованием теории возмущений [5].

Согласно выбранному подходу, искомый радиус-вектор границы области определяется в виде геометрической суммы радиус-вектора, устанавливающего потенциальные размеры зоны наблюдений и радиус-векторов, характеризующих ухудшение условий наблюдения целей при наличии деструктивных воздействий.

Потенциальные размеры зоны наблюдений [1, 2] определяются из условий прямой видимости объектов в радиолокационной системе [6] и доступности информационных процессов [2] для выявления и анализа демаскирующих признаков радиолокационных целей [1, 6]. Дальность прямой видимости находится при заданных высотах полета воздушных объектов и подъема приемных позиций (антенн) системы мониторинга над земной поверхностью [6]. Показатели энергетической доступности процессов, проявляющихся в радиолокационном поле, для выполнения целевых функций наблюдения целей характеризуются уровнем энергии информационных сигналов, превосходящем спектральную плотность мощности шумов приемных устройств [1, 2] и энергию деструктивных воздействий [2, 3].

Для формализованного описания ухудшения условий наблюдения целей в радиолокационном поле задаются показатели рассогласования пространственно-частотных функций [2] информационных сенсоров и источников деструктивных воздействий и эффективных энергетических моментов передачи-приема сигналов и организованных помех.

Пространственное рассогласование характеристик избирательного приема деструктивных воздействий определяется различием угловых положений антенн информационных сенсоров и постановщиков помех. Функция рассогласования частотной избирательности передачи-приема имитирующей помехи характеризует смещение ее центральной частоты относительно центральной частоты радиолокационного сигнала системы мониторинга. Для оценки эффективности воздействия маскирующих помех на приемные каналы системы мониторинга определяется степень превышения уровня деструктивных воздействий при рассогласовании

положений и ширины их спектров относительно спектров сигналов и угловых координат источников помех и радиолокационных целей.

Радиус-векторы, определяющие закономерности изменения границ зоны наблюдений, суммируются с коэффициентами, выбираемыми из практики разработки и применения конкретных видов информационных сенсоров и источников деструктивных воздействий.

Заключение

Таким образом, на основе методов теории возмущений построена аналитическая модель радиолокационного поля для оценки состояний воздушного пространства, обнаружения и определения динамических состояний летательных аппаратов. Показаны возможности применения этой модели в интересах мониторинга обстановки при противодействии, создаваемом комплексами имитирующих и маскирующих прицельных по частоте и направлению и заградительных помех.

Список литературы

1. Разинькова, О. Э. Основные направления развития базовых технологий радиолокационной разведки и снижения заметности объектов / О. Э. Разинькова // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2021. – № 19. – С. 109-123.

2. Зюзин, А. В., Обоснование путей построения и оценка эффективности применения пространственно-распределенной системы информационных сенсоров для мониторинга обстановки / А. В. Зюзин, М. В. Кныш, С. Н. Разиньков и др. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 600-609.

3. Разиньков, С. Н. Совместное применение технологий снижения радиолокационной заметности и противорадиолокационной маскировки для защиты летательных аппаратов от систем дистанционного мониторинга / С. Н. Разиньков, О. Э. Разинькова // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2021. – Т. 24. – № 4. – С. 63-71.

4. Перунов, Ю. М. Методы и средства радиоэлектронной борьбы / Ю. М. Перунов, А. И. Куприянов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 376 с.

5. Найфэ, А. Введение в методы возмущений / А. Найфэ. – М. : Наука, 1984. – 352 с.

6. Осипов, О. В. Электродинамика и распространение радиоволн / О. В. Осипов, Д. П. Табаков, С. В. Морозов. – Самара : ИНУЛ ПГУТИ, 2021. – 296 с.

Использование численных методов в интересах оценки структуры фронта электромагнитной волны при реализации фазовых способов пеленгования

Ю. Л. Козирацкий, М. Л. Паринов, С. В. Петренков, e-mail:
sema1709@yandex.ru

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

***Аннотация.** На основе использования метода касательных, применительно к решению системы нелинейных уравнений нормалей к плоскости проведена оценка структуры фазовой поверхности, реализуемая в интересах пространственной пеленгации источников радиоизлучения. Опираясь на полученные оценки, рассмотрено влияние параметров, характеризующих сходимость итерационного метода, на точность определения пространственного распределения фазы волны.*

***Ключевые слова:** Пространственная пеленгация источников радиоизлучения, триангуляционная трехточечная координатометрия, метод касательных, структура эквифазной поверхности.*

Введение

Анализ последних вооруженных конфликтов показывает смещение акцентов боевых действий с непосредственного соприкосновения сторон в информационно-телекоммуникационную среду, представляющую собой объединенную сеть систем передачи и обработки информации. Это обостряет вопрос местоопределения элементов системы связи и разведки противника, уделяя в равной степени внимание минимизации проявления разведывательных признаков собственных средств координатометрии, а также временным показателям реализации своего функционала. Подобная тенденция обуславливает необходимость совершенствования систем, позволяющих реализовывать возможности по вскрытию пространственного положения радиоизлучающих средств с требуемой точностью и за минимальное время[5].

Одним из наиболее перспективных способов, удовлетворяющий заданным требованиям, является рассмотренный в работах [1,2,3] способ триангуляционной трехточечной пространственной координатометрии. Данный способ представляет собой беспоисковый, позиционный, фазовый, косвенный, триангуляционный способ

определения местоположения источника радиоизлучения, направленный на определение координат объектов и ориентированный на оценку параметров электромагнитного излучения самого источника, что обеспечивает пассивный характер ведения разведки (рис. 1).

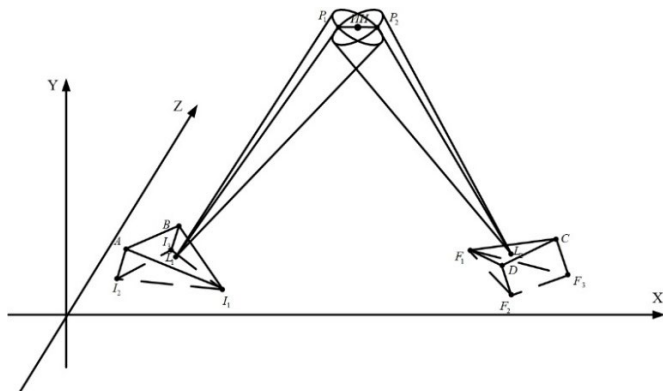


Рис. 1. Геометрия способа триангуляционной трехточечной координатометрии

Указанный способ базируется на измерении фазовых задержек сигнала не менее чем в трех точках пространства, что позволяет определить плоскостную пространственную структуру фронта электромагнитной волны с последующим восстановлением нормали к ней с привязкой к некоторой точке плоскости. При рассмотрении данной системы в не менее чем двух разнесенных областях пространства появляется возможность найти пересечение соответствующих линий положения, что и будет определять пространственное размещение РЭС. Модельному исследованию приведенного выше способа посвящен ряд работ [1,3,4], однако в них не рассматривался вопрос непосредственно формирования структуры эквифазной поверхности на основании измерения фазовых задержек, что является достаточно трудоемкой задачей в силу возникающих неопределенностей, вызванных воздействием негативных факторов, как со стороны среды распространения, так и непреднамеренных, но формируемых радиоизлучающими средствами своей группировки.

Таким образом, целью настоящей работы является разработка численно-аналитической модели определения структуры эквифазной поверхности в области измерителей фазы при решении задачи пространственной пеленгации способом триангуляционной трехточечной координатометрии.

Разработка модели

Согласно результатам, полученных в работах [3,4], определение параметров уравнения эквифазной поверхности осуществляется путем решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \Delta r_1 \\ \frac{Ax_2 + By_2 + Cz_2 + D}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \Delta r_2, \\ \frac{Ax_3 + By_3 + Cz_3 + D}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \Delta r_3 \end{cases} \quad (1)$$

где $\Delta r_i = \frac{\lambda \Delta \varphi_i}{2\pi}$ - величина, характеризующая расстояние от i -го измерителя до фазовой плоскости; $\Delta \varphi_i$ - набег фазы i -го измерителя.

Для решения системы нелинейных уравнений (1) рассмотрим возможность использования численных методов, что помимо получения результата, открывает новые возможности с позиции ограничений на сложность вычислений и быстроту получения результата, а также программной реализации итерационных алгоритмов численного метода.

Проведя анализ в достаточной степени распространенных численных методов применительно к решаемой задаче, а также принимая во внимание необходимость его программной реализации, наиболее предпочтительным оказался метод Ньютона (касательных), который обеспечивает достаточно высокую степень функциональной сходимости при приемлемом количестве итераций, что является важным условием при ограничениях на вычислительный ресурс.

Опираясь на соотношения, полученные в [4,6,7], а также на функциональную структуру системы уравнений (1), применение метода Ньютона к последней позволяет сформировать следующее решение:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\delta f_i}{\delta A} = 2Ax_i^2 + 2x_iBy_i + B^2y_i^2 + 2x_iCz_i + 2x_iD + 2By_iCz_i + 2By_iD + \\ + C^2z_i^2 + 2Cz_iD + D^2 - 2\Delta r_i^2A - \Delta r_i^2B^2 - \Delta r_i^2C^2 \\ \frac{\delta f_i}{\delta B} = A^2x_i^2 + 2Ax_iBy_i + 2By_i^2 + 2Ax_iCz_i + 2Ax_iD + 2y_iCz_i + 2y_iD \\ + C^2z_i^2 + 2Cz_iD + D^2 - \Delta r_i^2A^2 - 2\Delta r_i^2B - \Delta r_i^2C^2 \\ \frac{\delta f_i}{\delta C} = A^2x_i^2 + 2Ax_iBy_i + B^2y_i^2 + 2Ax_iCz_i + 2Ax_iD + 2By_iCz_i + 2By_iD \\ + 2Cz_i^2 + 2z_iD + D^2 - \Delta r_i^2A^2 - \Delta r_i^2B^2 - 2\Delta r_i^2C \end{array} \right. \quad (2)$$

Осуществляя ряд аналитических преобразований в системе (2), а также введя замены переменных вида:

$$a_i = 2A^u x_i^2 + 2B^u x_i y_i + B^{u2} y_i^2 + 2C^u x_i z_i + 2Dx_i + 2B^u y_i C^u z_i + \\ + 2B^u y_i D + C^{u2} z_i^2 + 2C^u z_i D + D^2 - 2A^u \Delta r_i^2 - B^{u2} \Delta r_i^2 - C^{u2} \Delta r_i^2. \quad (3)$$

$$b_i = A^{u2} x_i^2 + 2A^u x_i y_i + 2B^u y_i^2 + 2A^u x_i C^u z_i + 2A^u Dx_i + 2y_i C^u z_i + \\ + 2y_i D + C^{u2} z_i^2 + 2C^u z_i D + D^2 - A^{u2} \Delta r_i^2 - 2B^u \Delta r_i^2 - C^{u2} \Delta r_i^2. \quad (4)$$

$$c_i = A^{u2} x_i^2 + 2A^u x_i B^u y_i + B^{u2} y_i^2 + 2A^u x_i z_i + 2A^u Dx_i + 2B^u y_i z_i + \\ + 2B^u y_i D + 2C^u z_i^2 + 2z_i D + D^2 - A^{u2} \Delta r_i^2 - 2B^u \Delta r_i^2 - 2C^u \Delta r_i^2. \quad (5)$$

$$s_i = B^{u2} y_i^2 - C^{u2} z_i^2 + \Delta r_i^2 A^{u2} + \Delta r_i^2 B^u - A^u B^{u2} y_i^2 - 2A^u B^u y_i C^u z_i - \\ - 2A^u B^u y_i D - A^u C^{u2} z_i^2 - 2A^u C^u z_i D - A^u D + A^u \Delta r_i^2 B^{u2} + A^u \Delta r_i^2 C^{u2} - \\ - B^u A^{u2} x_i^2 - 2B^u A^u x_i y_i - 2B^u A^u x_i C^u z_i - 2B^u A^u x_i D - B^u C^{u2} z_i^2 - \\ - 2B^u C^u z_i D - B^u D^2 + B^u A^{u2} \Delta r_i^2 + B^u C^2 \Delta r_i^2 - C^u A^u x_i^2 - 2C^u A^u B^u x_i y_i - \\ - C^u B^{u2} y_i^2 - 2A^u C^u Dx_i - 2C^u B^u y_i z_i - 2C^u B^u y_i D - C^u B^u z_i D - \\ - C^u D^2 + C^u \Delta r_i^2 A^{u2} + C^u \Delta r_i^2 B^{u2}, i = 1, 2, \dots \quad (6)$$

сформируем матрицу, решение которой позволяет определить коэффициенты уравнения эквифазной плоскости:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Решение полученной системы линейных уравнений определим в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{s_1 b_2 c_3 + a_2 b_3 s_3 + a_3 s_2 c_2 - s_3 b_2 a_3 - c_2 b_3 s_1 - c_3 s_2 a_2}{a_1 b_2 c_3 + a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2 - c_1 b_2 a_3 - c_2 b_3 a_1 - c_3 b_1 a_2} \\
 B &= \frac{a_1 b_2 c_3 + s_1 b_3 c_1 + a_3 b_1 s_3 - c_1 s_2 a_3 - s_3 b_3 a_1 - c_3 b_1 s_1}{a_1 b_2 c_3 + a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2 - c_1 b_2 a_3 - c_2 b_3 a_1 - c_3 b_1 a_2} \\
 C &= \frac{a_1 b_2 s_3 + a_2 s_1 c_1 + s_1 b_1 c_2 - c_1 b_2 s_1 - c_2 s_2 a_1 - s_3 b_1 a_3}{a_1 b_2 c_3 + a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2 - c_1 b_2 a_3 - c_2 b_3 a_1 - c_3 b_1 a_2}
 \end{aligned} \quad (8)$$

Полученное решение системы уравнений, совместно с итерационной аналитической моделью метода Ньютона, позволяет сформировать вычислительную схему оценки параметров фазового фронта в виде, представленном на рисунке 2.

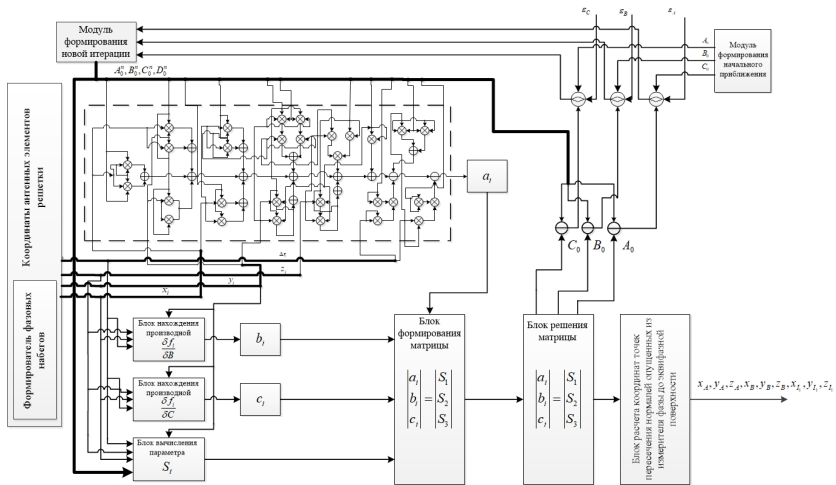


Рис. 2. Вычислительная схема, реализующая метод Ньютона при расчете эквивалентной поверхности в области измерителей фазы

Особое внимание в приведенной вычислительной структуре следует уделить параметрам $\varepsilon_A, \varepsilon_B, \varepsilon_C$, рассчитываемым согласно выражений:

$$\varepsilon_A = |A_{N+1} - A_N|, \varepsilon_B = |B_{N+1} - B_N|, \varepsilon_C = |C_{N+1} - C_N| \quad (9)$$

где N – номер вычислительной итерации, характеризующий точность и вычислительную емкость предложенного метода. При рассмотрении задачи в

детерминированной постановке – характеризует смещение оценки эквифазной поверхности (инструментальную ошибку метода).

Для определения взаимосвязи между вычислительной емкостью и точностью алгоритма введем в рассмотрение показатель, характеризующий последнюю $\Delta\varphi$.

$\Delta\varphi = |\varphi_{iN} - \varphi_H|$ — угол характеризующий отклонение эквифазной поверхности от истинного значения на текущей итерации. Однако для численного выражения ошибки необходимо связать $\Delta\varphi$ с изменением величины ε для соответствующих коэффициентов плоскости. Данная зависимость была получена на основании компьютерного моделирования и представлена на рисунке 3.

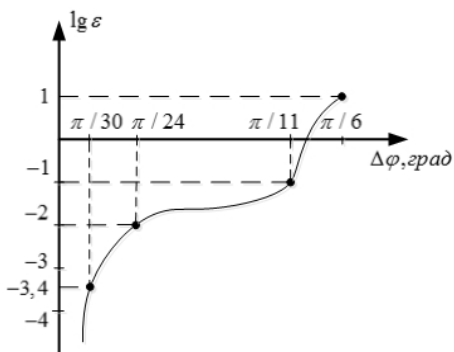


Рис. 3. Графическая зависимость величины итерационной ошибки от угла рассогласования

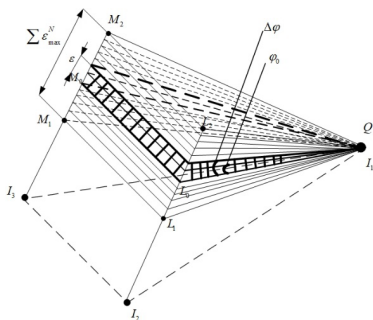


Рис. 4. Графическая иллюстрация изменения геометрии пространственного положения поверхности равных фаз при реализации итерационных вычислений

В рамках иллюстрации изменения геометрии пространственного положения поверхности равных фаз при реализации итерационных вычислений приведен рисунок 4, показывающий физический смысл итерационного вычисления применительно к способу трехточечной пространственной пеленгации. Графическая зависимость, приведенная на рисунке 4, была получена путем интерполяции многочленом Лагранжа 3-го порядка, полученных при моделировании в соответствии с выражениями:

$$f(x) \approx g(x, a_1, \dots, a_n) \quad (10)$$

$$g_n(x) \equiv L_n(x) = \sum_{i=1}^n f(x_i) \prod_{j \neq i} \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (11)$$

$$g_3(x) = (0,00084x^3 - 0,03132x^2 + 0,92104x - 3,63241), \quad (12)$$

где $g_n(x)$ – это интерполяционный многочлен Лагранжа.

Данная зависимость характеризует переход между физической интерпретацией задаваемого угла рассогласования $\Delta\varphi$ и ошибкой итерационного алгоритма определяемого как наибольшее отклонение для соответствующего коэффициента плоскости $\varepsilon \in \{\varepsilon_A, \varepsilon_B, \varepsilon_C\}$, в целях дальнейшего нахождения необходимого количества итераций.

На основе приведенных соотношений, в соответствии с вычислительной схемой, была разработана программная модель, позволяющая производить расчет эквифазной поверхности с требуемой точностью при наличии информации от измерителей фазы (x_i, y_i, z_i) , относительном набеге фазы $(\Delta\varphi_i)$ а также местоположение источника излучения, используемого для нахождения истинной фазовой плоскости.

С использованием разработанной модели были получены параметры реализации метода Ньютона в виде количества итераций, необходимых для достижения требуемой точности по заданной области пространства возможного расположения РЭС применительно к следующим исходным данным: 3-х элементная эквидистантная антенная решетка, расстояние между элементами 1,5 м, источник монохроматического излучения с длиной волны 3 м, область возможного размещения источника излучения $7 \times 7 \text{ км}^2$.

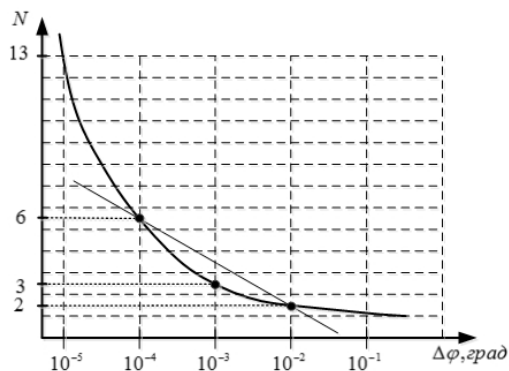


Рис. 5. Графическая зависимость количества итераций от заданного угла рассогласования на основании результатов моделирования

Заключение

Анализируя результаты моделирования, представленные на рисунке 5, можно сделать вывод, что полученная зависимость является нелинейной, исходя из не принадлежности трех точек одной прямой; для достижения требуемой точности построения эквифазной поверхности требуется различное количество итераций: так, при увеличении угла рассогласования свыше 10^{-5} наблюдается резкое увеличение количества итераций, не приводящих существенным образом к рациональному достижению заданной точности, но требующих высокую вычислительную емкость, при выборе $\Delta\phi = 10^{-5}$ количество итераций $N = 13$, при нахождении эквифазной поверхности, в целях достижения приемлемой относительно способа трехточечной пространственной пеленгации точности, достаточно задать величину $\Delta\phi = 10^{-4}$, что соответствует $N = 6$. Данное количество итераций обеспечивает приемлемую вычислительную емкость используемого метода расчета.

Таким образом, в настоящей работе была разработана численно-аналитическая модель определения структуры эквифазной поверхности в области измерителей фазы при решении задачи пространственной пеленгации в рамках способа триангуляционной трехточечной координатометрии. Результаты, полученные в ходе моделирования, позволяют сформулировать требования о состоятельности решения задачи по показателю количества итераций.

Список литературы

1. Козирацкий Ю.Л. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов / Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов Монография. М.: Радиотехника №10 – 2015 – 455с.
2. Козирацкий Ю.Л. Имитационная модель угломерного способа координатометрии на основе трехточечных измерителей фазы. / Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов, С.В. Петренков М.: Радиотехника №12 – 2016, с. 32-37.
3. Паринов М.Л. Модель процесса определения пространственной линии положения источника радиоизлучения / М.Л. Паринов, С.В. Петренков, В.А. Коломоец. // Сборник научных статей по материалам VII Международной научно-практической конференции «Академические Жуковские чтения» – 2019, с. 201-206.
4. Паринов М.Л. Использование численного метода решения системы нелинейных уравнений при определении местоположения источника излучения способом однопозиционной фазовой координатометрии / М.Л. Паринов, В.А. Коломоец // Сборник научных статей по материалам VII Межвузовской научно-практической конференции «Молодёжные чтения памяти Ю.А. Гагарина» – 2020, с. 378-384.
5. Кочагин С. Направления развития информационно-телекоммуникационного обеспечения сетей боевого управления сухопутных войск США / Кочагин С., Паршин С. ЗВО №3, 2019г., С. 40-47.
6. Фильчаков П.Ф. Справочник по высшей математике. Киев: «Наукова думка», 1974 г.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятности. М.: Главное издательство физико-математической литературы, 1962 г.

Компьютерная модель оценки живучести радиоэлектронной системы в условиях естественных деструктивных воздействий

Ю. Л. Козирацкий, email: UrLeo@bk.ru
Д. В. Прохоров, email: dvp2201@rambler.ru
А. Р. Коноркин, email: aleksandr.Konorkin@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** С использованием полумарковских процессов, методов преобразования Лапласа, теории графов, теории вероятностей и автоматического управления разработана компьютерная модель оценки живучести радиоэлектронной системы в условиях естественных деструктивных воздействий, учитывающая вероятностные и временные характеристики процессов функционирования радиоэлектронной системы и неблагоприятных внешних воздействий на нее.*

***Ключевые слова:** живучесть, модель, оценка, полумарковский процесс, неблагоприятные внешние воздействия.*

Введение

Вопросам повышения живучести технических систем всегда уделяется повышенное внимание исследователями в этой области. Понятие живучесть определяется как способность технической системы выполнять заданные функции при наличии неблагоприятных внешних воздействий (НВВ) [1]. Под неблагоприятными внешними воздействиями для радиоэлектронных систем (РЭС) понимаются воздействия катастрофического характера, такие как импульсные воздействия, приводящие к отказам РЭС. Естественными деструктивными воздействиями в отношении РЭС могут являться, например, разряды молний. Потoki таких воздействий являются случайными и могут иметь различное распределение и потенциальную эффективность. Со стороны подвергшейся деструктивному воздействию РЭС в случае ее разработки с учетом реализации мер помехозащиты также возможно принятие в течение некоторого интервала времени мер повышения помехоустойчивости различной эффективности. В этой связи возникает необходимость разработки модели оценки живучести радиоэлектронных систем, учитывающей оперативность и

потенциальную эффективность как самой радиоэлектронной системы, так и воздействующих на нее неблагоприятных факторов.

Поэтому целью работы являлась разработка модели оценки живучести радиоэлектронной системы, позволяющей исследовать влияние НВВ на радиоэлектронную систему с учетом произвольных потенциальных возможностей участвующих в конфликтном взаимодействии систем.

1. Постановка задачи

Рассмотрим ситуацию, когда на радиоэлектронную систему, функционирующую в штатном режиме, воздействует некоторый неблагоприятный фактор, который способен при определенных условиях вывести из строя указанную РЭС. В результате неблагоприятного внешнего воздействия РЭС способна с учетом реализованных в ней способов радиоэлектронной защиты обнаружить угрозу и перейти в защищенный режим функционирования. В этом режиме РЭС также в результате НВВ может быть выведена из строя, но уже с потенциально меньшей вероятностью.

2. Разработка аналитической модели

Для разработки модели воспользуемся хорошо зарекомендовавшим себя подходом, заключающимся в рассмотрении процесса конфликтного взаимодействия двух сторон как полумарковского процесса, протекающего на детерминированном множестве состояний конфликтной системы [2].

На рисунке 1 представлена динамическая модель оценки живучести РЭС в виде графа состояний. На графе приняты следующие обозначения состояний:

- 1 – радиоэлектронная система, функционирует в штатном режиме;
- 2 – РЭС, обнаружив угрозу, перешла в защищенный режим функционирования;
- 3 – в результате НВВ на РЭС, находящуюся в штатном режиме функционирования, она вышла из строя;
- 4 – в результате НВВ на РЭС, находящуюся в защищенном режиме функционирования, она вышла из строя;
- 5 – в результате НВВ на РЭС, находящуюся в защищенном режиме функционирования, она продолжила функционировать с требуемым качеством.

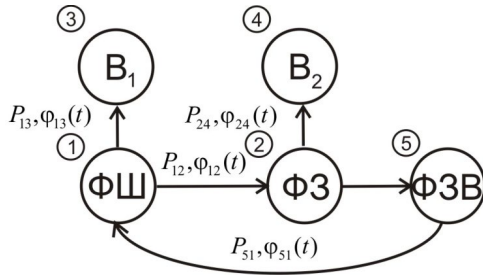


Рис. 1. Граф состояний

Каждый из переходов из состояния i в состояние j будет характеризоваться вероятностью и плотностью вероятности перехода $P_{ij}, \varphi_{ij}(t)$.

В соответствии с рекомендациями, изложенными в [2], представим динамику рассматриваемого процесса в форме передаточных функций (рисунок 2), где $H_{ij}(s) = L_s [P_{ij} \varphi_{ij}(t)]$ – передаточная функция, представляющая собой преобразование Лапласа от произведения вероятности перехода P_{ij} на плотность вероятности времени нахождения в состоянии i при переходе в состояние j .

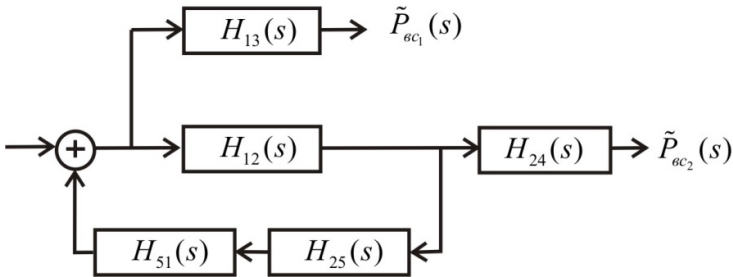


Рис. 2. Процесс функционирования РЭС в условиях НВВ в форме передаточных функций

Переходы $1 \rightarrow 2$ и $1 \rightarrow 3$ являются конфликтно обусловленными [2]. С учетом этого плотности вероятности и вероятности переходов будут определяться следующим образом

$$\Phi_{12}(t) = \frac{P_\phi \Phi_\phi(t) \cdot [1 - P_{\phi 1} \int_0^t \Phi_{\phi 1}(\tau) d\tau]}{P_{12}}; \quad (1)$$

$$P_{12} = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t P_\phi \Phi_\phi(t) \cdot [1 - P_{\phi 1} \int_0^\tau \Phi_{\phi 1}(u) du] d\tau; \quad (2)$$

$$\Phi_{13}(t) = \frac{P_{\phi 1} \Phi_{\phi 1}(t) \cdot [1 - P_\phi \int_0^t \Phi_\phi(\tau) d\tau]}{P_{13}}; \quad (3)$$

$$P_{13} = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t P_{\phi 1} \Phi_{\phi 1}(t) \cdot [1 - P_\phi \int_0^\tau \Phi_\phi(u) du] d\tau, \quad (4)$$

где $P_{\phi 1} = P_{n\phi} P_{\phi 1}^{up}$, $P_{24} = P_{\phi 2} = P_{n\phi} P_{\phi 2}^{zp}$ и $\Phi_{\phi 1}(t)$, $\Phi_{24}(t) = \Phi_{\phi 2}(t)$ – вероятности и плотности вероятностей времени вывода из строя РЭС в результате однократного НВВ, находящейся в штатном и защищенном режиме функционирования соответственно; $P_{n\phi}$ – вероятность появления НВВ; $P_{\phi 1}^{up}$ и $P_{\phi 2}^{zp}$ – потенциальные вероятности вывода из строя РЭС в результате однократного НВВ, находящейся в штатном и защищенном режиме функционирования соответственно; P_ϕ и $\Phi_\phi(t)$ – вероятность и плотность вероятности времени функционирования РЭС в штатном режиме; $P_{25} = P_{\phi 5} = 1 - P_{24}$ и $\Phi_{25}(t) = \Phi_{\phi 5}(t) = \Phi_{24}(t)$ – вероятность и плотность вероятности времени функционирования РЭС в защищенном режиме при воздействии НВВ; $P_{51} = P_{w}$ и $\Phi_{51}(t) = \Phi_w(t)$ – вероятность и плотность вероятности времени перехода РЭС из защищенного режима функционирования в штатный.

С использованием представленной на рисунке 2 схемы, производя в соответствии с методами теории автоматических систем [3] несложные математические преобразования, можно получить следующее выражение для определения передаточной функции процесса выхода из строя РЭС в условиях НВВ

$$H_{gc}(s) = \frac{H_{13}(s) + H_{24}(s)H_{12}(s)}{1 - H_{12}(s)H_{25}(s)H_{51}(s)}. \quad (5)$$

Введем в рассмотрение цикл по смене РЭС режимов функционирования, состоящий из n итераций.

Применение к (5) преобразования производящей функции [2] дает:

$$H_{ec}(z, s) = \frac{H_{13}(s) + H_{24}(s)H_{12}(s)}{1 - zH_{12}(s)H_{25}(s)H_{51}(s)}. \quad (6)$$

С учетом циклов по n можно записать

$$H_{ec}(n, s) = [H_{13}(s) + H_{24}(s)H_{12}(s)][H_{12}(s)H_{25}(s)H_{51}(s)]^n. \quad (7)$$

Тогда вероятность события, состоящего в том, что РЭС к некоторому моменту времени t будет совершено ровно n циклов по смене режима функционирования, и она не выйдет из строя в результате НВВ, можно записать следующим образом

$$P_{xc}(n, t) = 1 - L_s^{-1} \left[\frac{1}{s} H_{ec}(n, s) \right]. \quad (8)$$

Реализуем модель для случая, когда безусловные плотности вероятности распределения времени нахождения в одном состоянии при переходе в другое состояние определяются экспоненциальными распределениями. В этом случае передаточные функции переходов можно определить следующим образом

$$H_{13}(s) = \frac{P_{e1}\lambda_{e1}(s + \lambda_{\phi} + \lambda_{e1} - P_{\phi}\lambda_{\phi})}{(s + \lambda_{e1})(s + \lambda_{\phi} + \lambda_{e1})}; \quad (9)$$

$$H_{12}(s) = \frac{P_{\phi}\lambda_{\phi}(s + \lambda_{\phi} + \lambda_{e1} - P_{e1}\lambda_{e1})}{(s + \lambda_{\phi})(s + \lambda_{\phi} + \lambda_{e1})}; \quad (10)$$

$$H_{24}(s) = \frac{P_{e2}\lambda_{e2}}{(s + \lambda_{e2})}; \quad (11)$$

$$H_{25}(s) = \frac{P_{\phi e}\lambda_{\phi e}}{(s + \lambda_{\phi e})} = \frac{(1 - P_{e2})\lambda_{e2}}{(s + \lambda_{e2})}; \quad (12)$$

$$H_{51}(s) = \frac{P_{u}\lambda_{u}}{(s + \lambda_{u})}, \quad (13)$$

где λ_{e1} и λ_{e2} – интенсивности НВВ на РЭС; λ_{ϕ} , $\lambda_{\phi e}$ и λ_{u} – интенсивности функционирования РЭС в штатном режиме, защищенном режиме при НВВ и при переходе из защищенного в штатный режим функционирования соответственно.

Интенсивности НВВ и функционирования РЭС связаны со средним временем обратной зависимостью $\lambda = 1/\bar{T}$ [4, 5]. Для определения

средних времен НВВ и функционирования РЭС можно воспользоваться подходом, описанным в [4].

3. Разработка компьютерной модели

На рисунке 3 представлена модель, реализованная в среде MATLAB (Simulink). Модель позволяет получать зависимости вероятности живучести РЭС в условиях НВВ от времени с учетом вероятностных и временных характеристик функционирования РЭС в двух режимах и НВВ на РЭС.

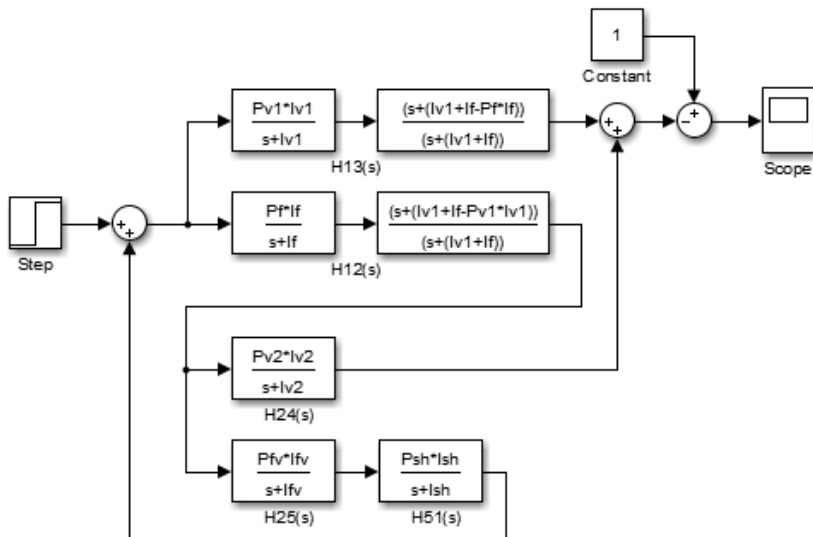


Рис. 3. Модель в среде MATLAB (Simulink)

На рисунке 4 представлены зависимости вероятности живучести РЭС в условиях НВВ (в виде парных последовательных импульсных воздействий) от времени в случае функционирования РЭС без мер помехозащиты (зависимость 1) и при их реализации (зависимость 2) ($1 - \lambda_{\phi} = 1 \text{ c}^{-1}$; $P_{e2} = 0,45$; $P_{\phi} = 0,05$; $2 - \lambda_{\phi} = 20 \text{ c}^{-1}$; $P_{e2} = 0,1$; $P_{\phi} = 0,95$) для следующих исходных данных: $P_{e1} = 0,9$; $P_{u} = 1$; $\lambda_{e1} = 10 \text{ c}^{-1}$; $\lambda_{e2} = 10 \text{ c}^{-1}$; $\lambda_{u} = 2 \text{ c}^{-1}$.

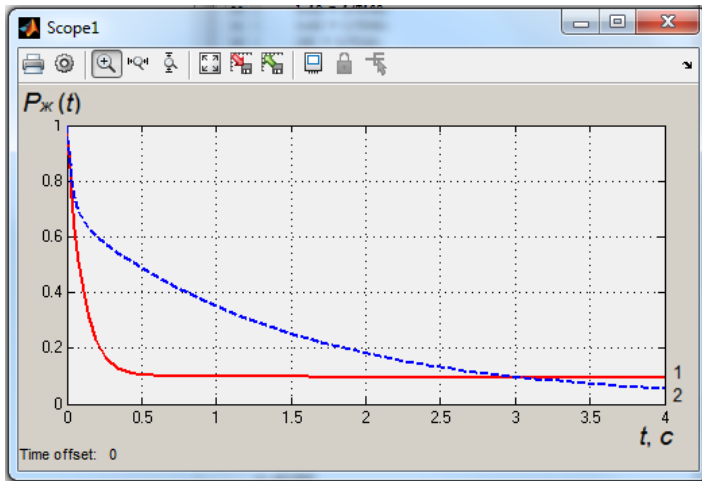


Рис. 4. Зависимости вероятности живучести РЭС в условиях НВВ от времени в случае функционирования РЭС без мер помехозащиты (1) и при их реализации (2)

Анализ полученных результатов подтверждает существенную зависимость живучести РЭС от эффективности НВВ, а также реализованных в РЭС мер помехозащиты. Очевидно, что без принятия мер помехозащиты РЭС может быть выведена из строя с высокой вероятностью уже в результате первого НВВ (рис. 4, зависимость 1). Процесс выхода из строя РЭС с принятыми мерами помехозащиты значительно затянут по времени (рис. 4, зависимость 2). Снижение живучести РЭС в этом случае обуславливается увеличением со временем числа малоэффективных НВВ на РЭС.

Заключение

Таким образом, с использованием полумарковских процессов, методов преобразования Лапласа, теории графов, теории вероятностей и автоматического управления разработана компьютерная модель оценки живучести РЭС в условиях НВВ, учитывающая вероятностные и временные характеристики процессов функционирования РЭС и НВВ на нее. Использование математического аппарата производящих функций позволило определить вероятностные показатели процесса выхода из строя РЭС с учетом цикличности, обусловленной сменой режимов ее функционирования.

Список литературы

1. Финкельштейн, М. С. Надежность и живучесть радиоэлектронных систем / М. С. Финкельштейн. – Ленинград: ЦНИИ «Румб», 1990. – 124 с.
2. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения: монография / Ю. Л. Козирацкий [и др.]; под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
3. Коновалов, Г. Ф. Радиоавтоматика: учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Г. Ф. Коновалов. – М.: Высш. шк., 1990. – 335 с.
4. Модели пространственного и частотного поиска: монография / Ю. Л. Козирацкий [и др.]; под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.
5. Дружинин, Г. В. Надежность автоматизированных систем / Г. В. Дружинин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Энергия», 1977. – 536 с.

Компьютерная модель измерителя времени запаздывания сейсмического сигнала на основе использования корреляционного метода пассивной локации

Ю. Л. Козирацкий, email: UrLeo@bk.ru
Д. В. Прохоров, email: dvp2201@rambler.ru
Е. В. Петренков, email: www.zhenya1051@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** Рассмотрен алгоритм, обеспечивающий получение оценок направления на источник сейсмических волн путем применения многоканального измерителя, формирующего на выходе решение о величине задержки принимаемого сигнала одним из пары пеленгационных сейсмоприемников относительно другого по методу максимума апостериорной вероятности. Формируемая при этом автокорреляционная функция носит дискретный характер и обуславливает смещение оценок направления на источник сейсмических волн. Для снижения величины ошибок предложено использование формулы моды интервального ряда. Разработана компьютерная модель оптимального измерителя времени запаздывания сейсмического сигнала на основе использования корреляционного метода пассивной локации.*

***Ключевые слова:** пеленг, сейсмическая волна, корреляционный метод, автокорреляционная функция, ошибки.*

Введение

В настоящее время при решении задач определения местоположения объектов различного назначения широко применяются методы сейсморазведки [1-3]. Физические принципы и особенности распространения сейсмических колебаний позволяют их использовать для определения местоположения объектов на основе угломерного или угломерно-дальномерного методов путем их пассивной локации с использованием разнесенных на некоторое расстояние сейсмоприемников (СПр). Особый интерес представляет исследование возможности использования корреляционно-базовых систем пассивной локации [4, 5]. Для исследования реализуемости и информативности алгоритмов пеленгации в сейсмических системах на основе использования корреляционного метода пассивной локации необходима разработка специальных моделей.

Поэтому целью работы являлась разработка компьютерной модели измерителя времени запаздывания сейсмического сигнала, обеспечивающей исследование алгоритмов пеленгации в сейсмических системах на основе использования корреляционного метода пассивной локации.

1. Постановка задачи

Рассмотрим вариант определения пеленга расположенными на одной плоскости тремя сейсмоприемниками с взаимно перпендикулярными базовыми расстояниями (рис. 1). Буквами А, В и С на рис. 1 обозначены сейсмоприемники, расстояние d между А и В, В и С является базовым. Углом α обозначено направление на источник сейсмических волн (ИСВ), отсчитываемое от линии В–С.

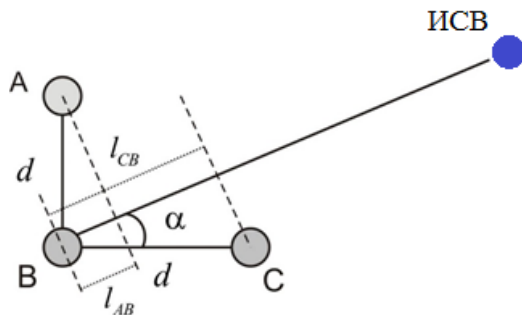


Рис. 1. Геометрия определения направления на ИСВ

С учетом рассмотренной геометрии для определения направления на ИСВ (угла α) можно получить

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta t_{AB}}{\Delta t_{CB}} \quad (1)$$

при $\Delta t_{CB} \neq 0$ (если $\Delta t_{CB} = 0$, то $\alpha = \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{\Delta t_{CB}}{\Delta t_{AB}}$),

где $\Delta t_{AB} = t_B - t_A$ и $\Delta t_{CB} = t_B - t_C$ – задержки по времени прихода сейсмической волны между пунктами В и А, В и С соответственно.

Из выражения (1) видно, что для определения направления на ИСВ необходимо оценить временные задержки Δt_{AB} и Δt_{CB} .

2. Алгоритм оценки разности временных запаздываний сейсмического сигнала

Рассмотрим задачу оценивания времени задержки прихода сейсмической волны на СПр В относительно СПр С Δt_{CB} . Для определения времени задержки прихода сейсмической волны можно использовать корреляционный метод [6-8].

Прием обоими каналами осуществляется одного и того же сигнала, одним неизвестным параметром является время запаздывания Δt_{CB} . Возможные значения параметра Δt_{CB} заключены внутри интервала $[0, T]$ с известной априорной плотностью вероятности $p_{pr}(\Delta t_{CB})$. Назначение приемника-измерителя состоит в том, что на основе анализа принятого колебания $\xi(t) = S(t - \Delta t_{CB}) + n(t)$, $0 \leq t \leq T$ (где $n(t)$ – аддитивная помеха) определить с минимальной погрешностью величину Δt_{CB} .

Оценивание параметра Δt_{CB} будем производить по методу максимума апостериорной вероятности. Для получения апостериорной вероятности параметра Δt_{CB} необходимо вычислить корреляционный интеграл $q(\Delta t_{CB})$, являющийся достаточной статистикой для оценки параметра Δt_{CB} . В качестве оценки истинного значения Δt_{CB0} можно принять то значение $\Delta t_{CB} = \Delta \hat{t}_{CB}$, при котором апостериорная плотность вероятности имеет наибольшее значение (пик).

Для реализации этого способа получения оценок обычно применяют многоканальные измерители [5-7]. Функциональная схема оптимального измерителя времени запаздывания Δt_{CB} для рассматриваемого случая изображена на рис. 2. Линия задержки имеет общую задержку, равную априорному интервалу T ожидаемых значений Δt_{CB} . От линии задержки сделаны равномерно отводы, разность в задержках между соседними отводами равна Δ . На выходах интеграторов получаются значения автокорреляционной функции (АКФ)

$$q(\Delta t_{CBi}) = \int_0^T \xi_B(t - \Delta t_{CB0}) \xi_C(t - \Delta t_{CBi}) dt, \quad (2)$$

при $0 \leq \Delta t_{CBi} < T$, соответствующие задержкам $\Delta t_{CBi} = i\Delta$,

где $i = 0, 1, \dots, N$, $N \cdot \Delta = T$; $\xi_B(t - \Delta t_{CB0}) = S(t - \Delta t_{CB0}) + n(t)$; $\xi_C(t - \Delta t_{CBi}) = S(t - \Delta t_{CBi}) + n(t)$. Решающее устройство (схема сравнения, схема определения максимума) выдает номер n

подынтервала Δ , в котором функция имеет наибольшее значение $\Delta \hat{t}_{CB} = \Delta t_{CBn} = \arg \max_{\Delta t_{CBi}} q(\Delta t_{CBi})$.

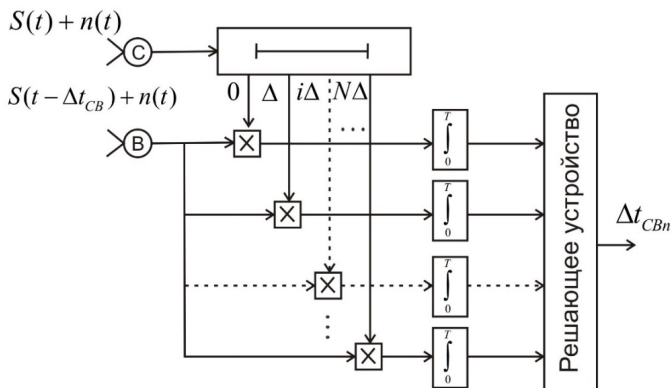


Рис. 2. Функциональная схема автокорреляционного приемника для определения времени задержки прихода сейсмической волны Δt_{CB}

Точность измерения будет характеризоваться величиной Δ . Число каналов N и величина интервала Δ подбираются, исходя из требуемой точности оценки времени задержки и условия $\Delta \cdot N < T_{np}$ ($T < T_{np}$), однако подлежат более тщательному исследованию.

3. Разработка компьютерной модели

Пусть априорная плотность вероятности параметра Δt_{CB} равномерна на интервале наблюдения T : $p_{pr}(\Delta t_{CB}) = 1/T$ при $0 \leq \Delta t_{CB} < T$.

Для программной реализации алгоритма на компьютере была выбрана среда MATLAB (Simulink). Компьютерная модель в данной среде представлена на рис. 3.

С целью проверки адекватности предлагаемой модели был проведен эксперимент для следующих исходных данных: $f_0 = 30$ Гц; $T = 0,026$ с; $\Delta = 0,0052$ с; $N = 5$; истинное значение $\Delta t_{CB0} = 0,009$ с. Для примера рассмотрен случай вибрационного источника, для которого регистрируемый сейсмоприемником сигнал может быть аппроксимирован соотношением [2]

$$S_e(t) = a(t) \sin[2\pi f_0 t + v(t)], \quad (3)$$

где $a(t)$ – медленно изменяющаяся функция времени, убывающая с ростом частоты колебаний; $v(t)$ – функция (обычно линейная), характеризующая изменение частоты колебаний с течением времени.

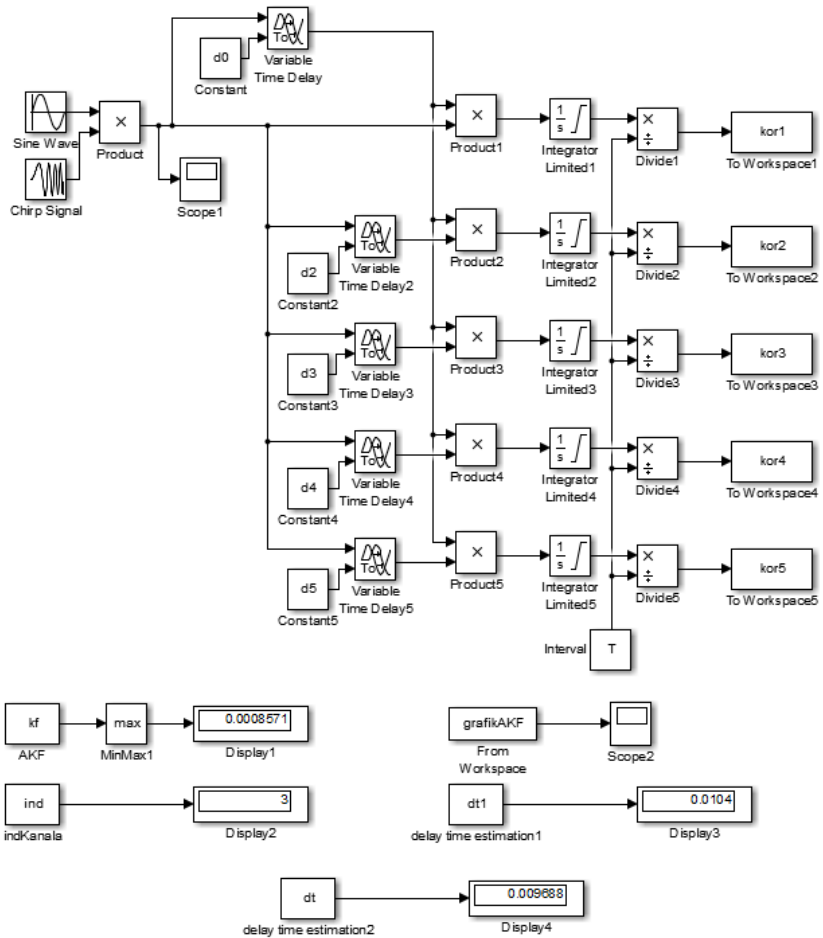


Рис. 3. Компьютерная модель измерителя времени запаздывания сейсмического сигнала в среде MATLAB

На рис. 4 представлена реализация модели (3) для сейсмического сигнала с преобладающим периодом $T_{np} \approx 0.03$ с (Scope1).

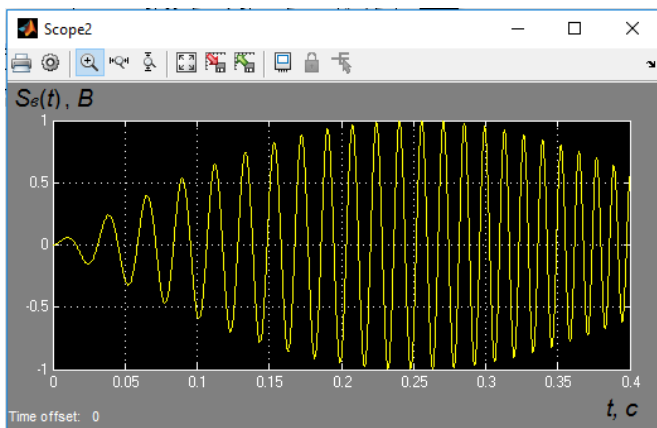


Рис. 4. Пример реализации сейсмического импульса

На рис. 5 представлен график получаемой на выходе пяти каналов автокорреляционной функции.

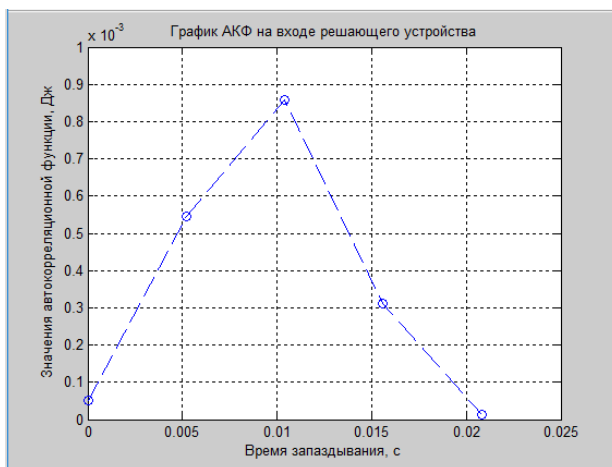


Рис. 5. Автокорреляционная функция на входе решающего устройства

В блоках Display1 и Display2 (рис. 3) отображены значения максимума АКФ и номера канала с максимальным ее значением. В блоке Display3 выводится оценка времени задержки. В виду дискретного характера получаемой автокорреляционной функции при определении ее максимума возникает ошибка в оценке времени задержки. Для данного примера она составила $1,4 \cdot 10^{-3}$ с.

Анализ полученных результатов показывает, что ошибки в основном связаны с дискретным (с шагом Δ) характером получаемых в результате реализации алгоритма (рис. 3) автокорреляционных функций (рис. 5). Возникает необходимость уточнения получаемых времен задержки в интервале дискретизации Δ . В качестве варианта решения этой задачи предлагается использование формулы моды интервального ряда [9]. Алгоритм уточнения оценки времени задержки сейсмического сигнала в виде блок-схемы представлен на рис. 6.

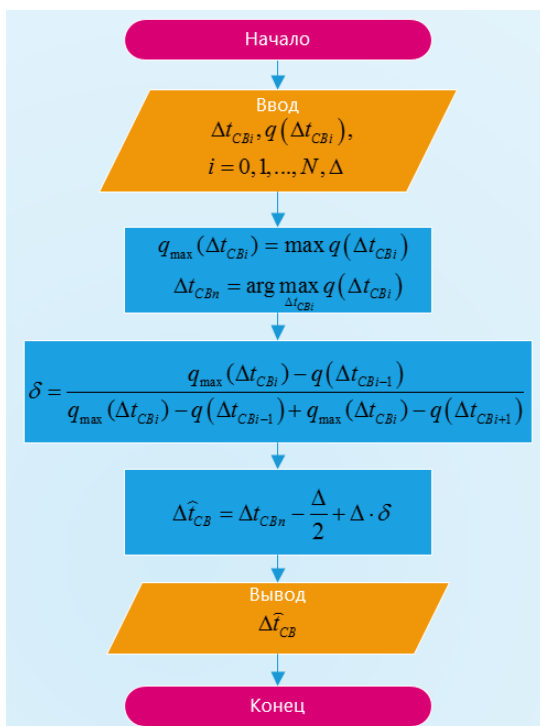


Рис. 6. Блок-схема алгоритма уточнения оценки времени задержки сейсмического сигнала

В результате реализации алгоритма уточнения оценки времени задержки скорректированная оценка выводится в блоке Display4. Ошибка в этом случае существенно меньше и составила $6,9 \cdot 10^{-4}$ с.

Заключение

Таким образом, рассмотрен алгоритм, обеспечивающий получение оценок направления на источник сейсмических волн путем применения многоканального измерителя, формирующего на выходе решение о величине задержки принимаемого сигнала одним из пары пеленгационных сейсмоприемников относительно другого по методу максимума апостериорной вероятности. Формируемая при этом автокорреляционная функция носит дискретный характер и обуславливает смещение оценок направления на источник сейсмических волн. Для снижения величины ошибок предложено использование формулы моды интервального ряда. Разработана компьютерная модель оптимального измерителя времени запаздывания сейсмического сигнала, обеспечивающая исследование алгоритмов пеленгации в сейсмических системах на основе использования корреляционного метода пассивной локации.

Список литературы

1. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки / М. Б. Шнеерсон [и др.]; под ред. М. Б. Шнеерсона. – М.: ОАО «Издательство «Недра», 1998. – 527 с.
2. Боганик, Г. Н. Сейсморазведка: учебник для вузов / Г. Н. Боганик, И. И. Гурвич. – Тверь: Изд-во АИС, 2006. – 744 с.
3. Syten'ky, V. D. Determination of coordinates of seismic wave source by amplitude method of passive location / V. D. Syten'ky // *Geodynamics & Tectonophysics*. – 2012. – №3 (4). – P. 409-416.
4. Угломерно-корреляционный способ оценивания координат местоположения наземных источников радиоизлучения [Текст]: пат. 2458358 Российская Федерация: МПК G01S 5/02 / Верба В. С., Гандурин В. А., Косогор А. А., Меркулов В. И., Миляков Д. А., Тетеруков А. Г., Чернов В. С.; заявитель и патентообладатель Москва. ОАО «Концерн радиоостроения «Вега». – № 2011101019/07; заявл. 12.01.2011; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22. – 11 с.
5. Сейсмический локагор наземных объектов [Текст]: пат. 2536087 Российская Федерация: МПК G01V 1/16 G01S 15/88 / Дудкин В. А., Вольсков А. А., Панков А. А., Акимова Ю. С.; заявитель и патентообладатель Пенза. ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». – № 2013132260/28; заявл. 11.07.2013; опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35. – 8 с.

6. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник. / Я. Д. Ширман [и др.]; под ред. Я. Д. Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.

7. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.

8. Козирацкий, Ю. Л. Корреляционный метод поиска и координатометрии излучающего радиоэлектронного средства в заданном секторе / Ю. Л. Козирацкий, М. Л. Паринов, Е. А. Мамаджанян // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2016. – №9(8). – С. 1247-1253.

9. Ефимова, М. Р. Общая теория статистики: учебник / М. Р. Ефимова, Е. В. Петрова., В. Н. Румянцев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 416 с.

Методика оценки суммарной ошибки определения точки приземления планирующего воздушного объекта на размерную площадку при использовании локальной автономной навигационной системы

Ю. Л. Козирацкий, e-mail: urléo@bk.ru
Р. Г. Хильченко, e-mail: hrg-1984@yandex.ru

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

***Аннотация.** Предложена методика оценки суммарной ошибки определения точки приземления планирующего воздушного объекта на площадку заданных размеров. Методикой учитывается вероятностное распределение ошибок координатометрии используемой навигационной системы при оценке точки приземления и ошибок бортовой подсистемы коррекции траектории полета воздушного объекта. На основе предложенной методики посредством имитационного моделирования получена функциональная зависимость вероятности точного приземления планирующего воздушного объекта на площадку различных размеров от величины суммарной ошибки.*

***Ключевые слова:** планирующий воздушный объект, размерная площадка, точка приземления, суммарная ошибка, локальная автономная навигационная система, подсистема коррекции траектории полета.*

Введение

В предложенном авторами ранее способе координатометрии планирующего воздушного объекта (ПлВО) в рамках автономной навигационной системы (АНС), основанном на применении забрасываемых передатчиков навигационного сигнала (ЗПН) и оснащении воздушного объекта бортовой подсистемой коррекции траектории полета (БПК), наиболее остро стоит вопрос обеспечения заданной точности его приземления на площадку ограниченной площади. В качестве постановки задачи исследования на рис. 1 представлен возможный вариант организации АНС, обеспечивающей приземление ПлВО на размерную площадку.

При этом местоположение площадки приземления определяется посредством координатометрии АНС, точность которой будет характеризоваться величиной смещения измеренных координат

центральной точки площадки относительно истинного ее положения $A(x_A, y_A, z_A)$.

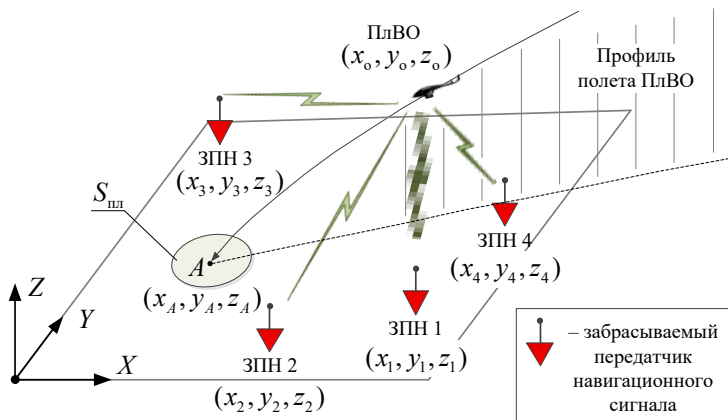


Рис. 1. Вариант организации АНС, обеспечивающей приземление ПЛВО на размерную площадку

Кроме того, на точность приземления ПЛВО будут оказывать влияние ошибки БПК, методический аппарат обоснования которых выведен за рамки настоящей статьи. В этой связи актуальным является оценка влияния суммарной ошибки определения точки приземления ПЛВО на площадку заданных размеров.

Целью статьи является разработка методики оценки суммарной ошибки определения точки приземления планирующего воздушного объекта на размерную площадку при использовании локальной автономной навигационной системы.

Достижение указанной цели позволит обосновать требования к точностным характеристикам предложенной автором АНС, а также к БПК ПЛВО на этапе приземления.

1. Геометрия задачи

Задача оценки суммарной ошибки определения точки приземления ПЛВО на размерную площадку в рамках АНС может быть сформулирована следующим образом.

Пусть истинное положение центральной точки площадки соответствует координатам точки А, АНС определила ее положение в точке В, а БПК доставила ПЛВО в точку С. Геометрия задачи оценки

суммарной ошибки определения точки приземления ПЛВО на размерную площадку в рамках АНС показана на рис. 2.

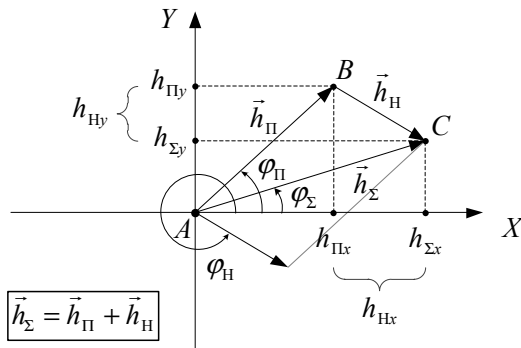


Рис. 2. Геометрия задачи оценки суммарной ошибки определения точки приземления ПЛВО на размерную площадку в рамках АНС

Как видно из рисунка, суммарная ошибка будет представлять собой вектор, образованный сложением векторов ошибок прицеливания \vec{h}_Π (характеристика АНС) и наведения \vec{h}_H (характеристика БПК ПЛВО).

Физически, суммарная ошибка – это скалярная величина длины вектора \vec{h}_Σ , определяемая его модулем, который может быть задан через проекции образующих его векторов на оси абсцисс и ординат (рис. 2):

$$|\vec{h}_\Sigma| = \sqrt{h_{\Sigma x}^2 + h_{\Sigma y}^2} = \sqrt{(h_{\Pi x} + h_{Hx})^2 + (h_{\Pi y} + h_{Hy})^2}. \quad (1)$$

Помимо длины, вектор суммарного промаха будет определяться направлением:

$$\varphi_\Sigma = \text{arctg} \left\{ \frac{h_{\Pi y} + h_{Hy}}{h_{\Pi x} + h_{Hx}} \right\}. \quad (2)$$

При этом проекции векторов ошибок прицеливания и наведения, в соответствии с геометрией решаемой задачи (рис. 2), будут определяться выражениями:

$$\begin{aligned}
 h_{\text{Пх}} &= |\vec{h}_{\text{П}}| \cos \{ \varphi_{\text{П}} \}; & h_{\text{Пy}} &= |\vec{h}_{\text{П}}| \sin \{ \varphi_{\text{П}} \}; \\
 h_{\text{Нх}} &= |\vec{h}_{\text{Н}}| \cos \{ \varphi_{\text{Н}} \}; & h_{\text{Нy}} &= |\vec{h}_{\text{Н}}| \sin \{ \varphi_{\text{Н}} \}.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Перепишем выражения (1), (2) с учетом (3):

$$P_g = P_q = 1; \tag{4}$$

$$\varphi_{\Sigma} = \arctg \left\{ \frac{|\vec{h}_{\text{П}}| \sin \varphi_{\text{П}} + |\vec{h}_{\text{Н}}| \sin \varphi_{\text{Н}}}{|\vec{h}_{\text{П}}| \cos \varphi_{\text{П}} + |\vec{h}_{\text{Н}}| \cos \varphi_{\text{Н}}} \right\}. \tag{5}$$

2. Оценка суммарной ошибки приземления в центральную точку площадки

В интересах оценки суммарной ошибки определения точки приземления ПЛВО относительно центральной точки площадки без учета ее размеров, на основании полученных выражений (4), (5), проведем имитационное моделирование исследуемого процесса.

В качестве исходных данных моделирования будем использовать закон распределения Рэлея для описания длины векторов ошибок прицеливания и наведения $(h_{\text{П}}, h_{\text{Н}})$ и равномерный закон распределения их направлений $(\varphi_{\text{П}}, \varphi_{\text{Н}})$. Указанные допущения вполне обоснованы многими ранее проведенными исследованиями в области теории эффективности стрельбы и баллистики.

На рис. 3 – 6 показаны результаты имитационного моделирования процесса приземления ПЛВО на точечную площадку для 100 тыс. итераций. Распределение длины вектора суммарного промаха (рис. 3, 4), а также распределение направления (в радианах) этого вектора (рис. 5, 6) представлены гистограммами (рис. 3, 5) и функциями вероятности (рис. 4, 6).

В качестве исходных данных моделирования применялись параметры рэлеевских ошибок прицеливания и наведения $\sigma_{\text{П}} = 1 \text{ м}$, $\sigma_{\text{Н}} = 2 \text{ м}$, направления которых $\varphi_{\text{П(Н)}}$ (углы векторов) равномерно распределены в интервале $(0; 2\pi)$.

Результаты моделирования подтверждают предположение о том, что из двух показателей $|\vec{h}_{\Sigma}|$ и φ_{Σ} , характеризующих вектор суммарной ошибки, принципиальную роль играет его длина, определяемая случайными величинами $h_{\text{П}}, h_{\text{Н}}$ и $\varphi_{\text{П}}, \varphi_{\text{Н}}$ в соответствии с выражением (4).

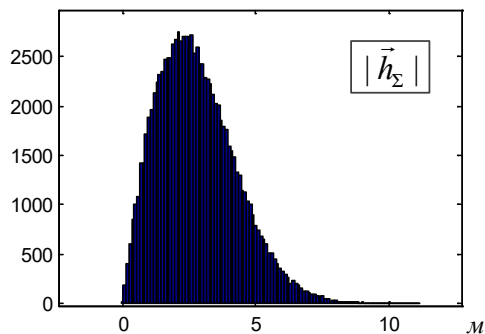


Рис. 3. Гистограмма распределения длины вектора суммарной ошибки (результат имитационного моделирования процесса приземления ПЛВО на точечную площадку для 100 тыс. итераций)

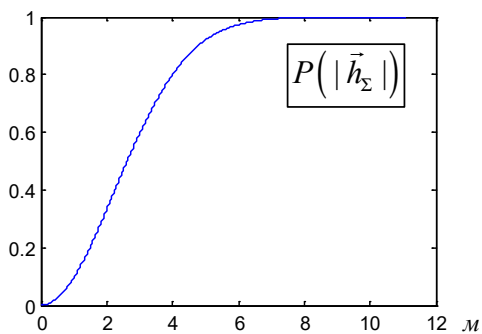


Рис. 4. Интегральная функция распределения длины вектора суммарной ошибки (результат имитационного моделирования процесса приземления ПЛВО на точечную площадку для 100 тыс. итераций)

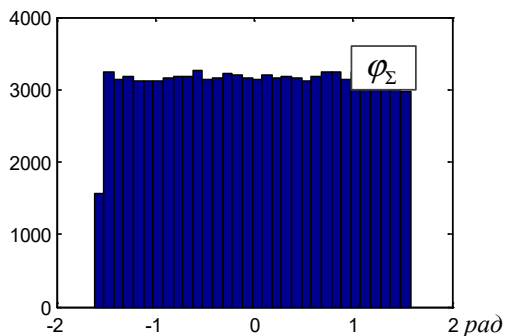


Рис. 5. Гистограмма распределения направления (угла наклона) вектора суммарной ошибки (результат имитационного моделирования процесса приземления ПЛВО на точечную площадку для 100 тыс. итераций)

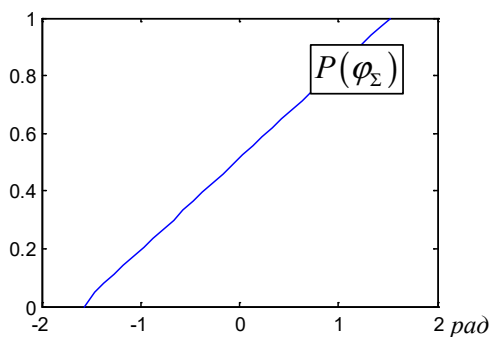


Рис. 6. Интегральная функция распределения направления вектора суммарной ошибки (результат имитационного моделирования процесса приземления ПЛВО на точечную площадку для 100 тыс. итераций)

Кривая функции вероятности рис.4 имеет физический смысл вероятности смещения точки приземления ПЛВО относительно точечной площадки. Величина этой вероятности стремится к единице с ростом отклонения $|\vec{h}_{\Sigma}|$ от нулевого значения. При этом противоположная ей функция $(1 - P(h_{\Sigma}))$ будет характеризовать точное приземление ПЛВО на указанную площадку.

3. Оценка суммарной ошибки приземления на размерную площадку

Для учета размеров площадки суммарную ошибку, набором статистики которой получена ее функция распределения вероятности (рис. 4), необходимо умножить на площадной коэффициент, представленный в виде отношения площади $S_{пл}$ площадки к площади S_{Σ} круга, образованного текущим значением радиус-вектора \vec{h}_{Σ} (рис. 7).

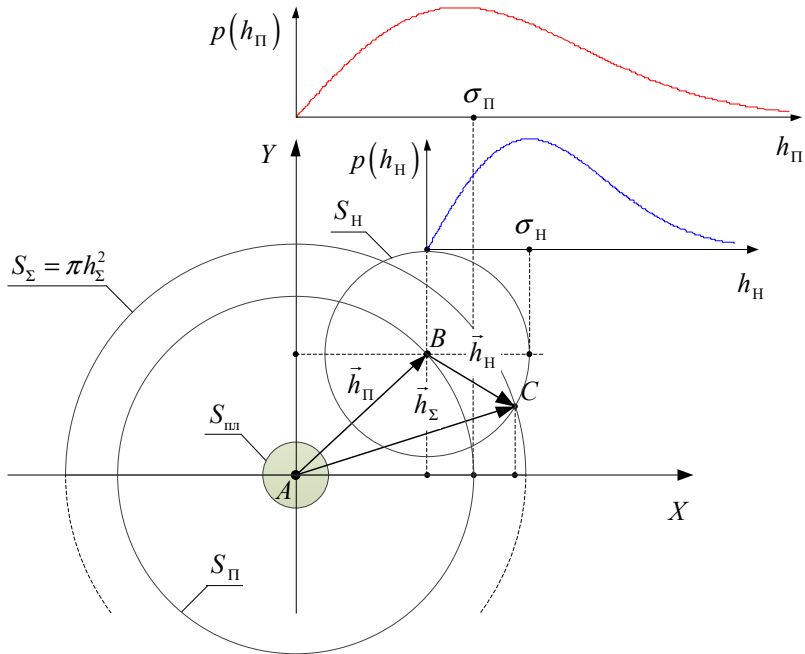


Рис. 7. В пояснение оценки вероятности точного приземления ПЛВО на размерную площадку при случайных ошибках прицеливания и наведения

То есть выражение для определения вероятности точного приземления ПЛВО может быть представлено равенством:

$$P_{т.пр} = 1 - P_{пром} = 1 - P\left(h_{\Sigma} \cdot \frac{S_{пл}}{S_{\Sigma}}\right) = 1 - P\left(h_{\Sigma} \cdot \frac{S_{пл}}{\pi h_{\Sigma}^2}\right). \quad (6)$$

Посредством выражения (6) проведено имитационное моделирование процесса приземления ПлВО на размерную площадку для принятых выше исходных данных и допущения о том, что площадка имеет форму круга с площадью $S_{пл}$ [5].

На рис. 8 представлены зависимости вероятности точного приземления ПлВО на размерную площадку от величины суммарной ошибки, полученные в результате имитационного моделирования для различных условий.

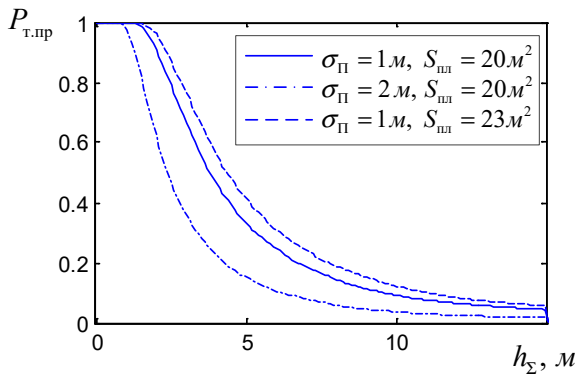


Рис. 8. Зависимости вероятности точного приземления ПлВО на размерную площадку от величины суммарной ошибки (результат имитационного моделирования для различных условий)

Используемый в модели параметр $\sigma_{пл}$ характеризует точность координатметрии площадки приземления (ее центральной точки) в рамках АНС. Величина $\sigma_{пл}$ (рис. 7), характеризующая точность БПК ПлВО, как параметр случайной ошибки наведения, распределенной по закону Рэлея, при моделировании принималась равной одному метру.

Зависимости, показанные на рис. 8, позволяют судить о количественной оценке влияния ошибок прицеливания (ошибки АНС) на результат приземления ПлВО на размерную площадку. При этом для требуемого значения вероятности точного приземления представляется возможным обоснование величины допустимой суммарной ошибки, исходя из известных размеров площадки приземления. Так, если БПК характеризуется точностью $\sigma_{пл} = 2 м$, то для достижения величины вероятности точного приземления $P_{т.пр} \geq 0,85$ суммарная ошибка

должен составлять $h \leq 1,8 м$. При достаточно высоких точностных показателях прицеливания и наведения $\sigma_{\Pi} = \sigma_{Н} = 1 м$, для достижения вероятности точного приземления $P_{\text{т.пр}} \geq 0,85$ введенный площадной коэффициент должен быть больше единицы.

Заключение

Таким образом, разработана методика оценки суммарной ошибки определения точки приземления планирующего воздушного объекта на размерную площадку при использовании локальной автономной навигационной системы, учитывающая вероятностное распределение ошибок прицеливания и наведения (коррекции). Используя точностные характеристики АНС и БПК ПЛВО, представленные параметрами распределенных по закону Рэлея случайных ошибок прицеливания и наведения, получены значения вероятности точного приземления на размерную площадку, как основного показателя точности. Геометрия задачи определена треугольником, вершины которого соответствуют точкам реального местоположения площадки (центральной точки), прицеливания, образуя вектор ошибки прицеливания, и приземления, образуя вектор ошибки наведения относительно точки прицеливания и вектор суммарной ошибки приземления относительно реального положения центральной точки площадки. Величина суммарной ошибки представлена сложением двух векторов (ошибок прицеливания и наведения), длина которых задана распределением Рэлея, а направления равномерно распределены на интервале углов $(0; 2\pi)$, является аргументом функциональной зависимости вероятности точного приземления ПЛВО на площадку различных размеров.

Апробация разработанной методики осуществлялась посредством имитационного моделирования процесса приземления ПЛВО на площадку. Моделирование предполагало итерационный набор статистики значений величины отклонения точки приземления от центральной точки площадки (суммарной ошибки), получение закона распределения ее отклонения, вычитание его (закона) из единицы и соотнесение с геометрическими размерами площадки приземления.

Результаты моделирования позволяют произвести оценку влияния размеров площадки на точность приземления планирующего воздушного объекта для заданных точностных характеристик АНС и бортовой подсистемы коррекции траектории полета $(\sigma_{\Pi}, \sigma_{Н})$.

Полученный методический аппарат позволяет обосновать требования к точностным характеристикам предложенной авторами АНС, а также к перспективным планирующим воздушным объектам с

навигационной подсистемой коррекции, применяемых в различной условиях.

Список литературы

1. Меркулов, В. И. Авиационные системы радиоуправления / В. И. Меркулов – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. – 424 с.
2. Максимов, М. В. Радиоэлектронные системы самонаведения / М. В. Максимов, Г. И. Горгонов – М.: Радио и связь, 1982. – 304 с.
3. Максимов, М. В. Радиоэлектронные следающие системы (Синтез методами оптимального управления) / М. В. Максимов, В. И. Меркулов – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
4. Буренок, В. М. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники / В. М. Буренок – М.: Граница, 2022. – 264 с.
5. Имитационная модель процесса доставки авиационной ракеты в размерную цель с учетом ошибок прицеливания и наведения (коррекции). Хильченко Р.Г. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023685171, 23.11.2023. Заявка № 202684440 от 17.11.2023.

Вероятностная модель строгого конфликта двух систем с заданным числом активных элементов на основе полумарковского представления динамики их численности в направлении требуемых исходов

Ю. Л. Козирацкий, e-mail: urleo@bk.ru¹
Р. Г. Хильченко, e-mail: hrg-1984@yandex.ru¹
Н. А. Шмаров²

¹ ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

² Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Сызрань)

***Аннотация.** Разработана вероятностная модель строгого (антагонистического) конфликта двух систем с заданным числом активных элементов на основе полумарковского представления динамики их численности в направлении требуемых исходов. Модель позволяет производить оценку возможностей каждой из сторон на успешный исход, с учетом разнородности состава участвующих систем; допустимых ограничений на потери одной из систем; представления случайного времени единичного изменения их численностей различными законами распределения; возможностей активных элементов систем и цикличности выполняемых ими задач.*

***Ключевые слова:** строгий конфликт, активные элементы, соотношение численностей, полумарковский случайный процесс, единичное воздействие, требуемый исход.*

Введение

Устойчивая проблема моделирования строгого конфликта с целью адекватного прогноза их результатов по заданным показателям эффективности сформировалась достаточно давно. Под строгим (антагонистическим) конфликтом следует понимать специфическую форму взаимодействия некоторых противостоящих друг другу систем, преследующих прямо противоположные интересы, когда изменение эффективности одной системы приводит к точно такому же по величине, но противоположному по знаку изменению эффективности другой (противостоящей) системы [1]. Основным требованием к разработке моделей такого рода конфликтов является возможность учета качественного и количественного состава противостоящих систем

на различных этапах противоборства и обоснованной оценки их возможностей (потенциалов). На выходе моделей (результаты моделирования) должны быть числовые значения вероятности положительного исхода каждой из сторон конфликта, а также ущерб, понесенный обеими сторонами за определенный период противостояния.

В настоящее время широкое распространение получили модели, построенные на основе динамики средних значений [1, 2]. Полученные с помощью таких моделей показатели эффективности обеспечивают количественную оценку как предотвращенных потерь, в результате защитных действия, так и приращенных потерь противоборствующей системы в результате повышения качества и интенсивности активных действия. Подобные оценки представляют важный практический интерес и могут сыграть определяющую роль в принятии тех или иных решений, а также при формировании выводов и рекомендаций, повышающих результативность будущих конфликтов. Поэтому качество таких оценок, с точки зрения степени их обоснованности и достоверности, имеет особое значение.

Существенный недостаток указанного методического подхода к построению моделей строгих конфликтов заключается в снижении точности результатов моделирования, при уменьшении численности сторон противоборствующих систем. Данное обстоятельство серьезно ограничивает его применение, особенно при исследовании локальных противостояний двух систем с заданным числом активных элементов.

Ранее авторами предложен подход к построению моделей конфликта малочисленных групп, основанный на представлении его динамики полумарковскими случайными процессами [3]. При всех его достоинствах, состоящих в возможности корректного учета эволюции развития противостояния и оценке статистических показателей, характеризующих соотношение численностей сторон, предложенный методический аппарат является весьма громоздким в связи с оцениванием полной группы возможных исходов исследуемого конфликта.

Целью настоящей статьи является разработка вероятностной модели строгого конфликта двух систем с заданным числом активных элементов на основе полумарковского представления динамики их численности в направлении ограниченной (требуемой) группы исходов.

1. Динамика строгого конфликта

Рассмотрим динамику строгого конфликта двух систем в виде матрицы возможных состояний, показанной на рис. 1.

Каждый элемент матрицы представляет собой состояние соотношений численного состава сторон. Первый элемент матрицы $a_{G|Q} = a_{4|4}$ характеризует исходное состояние, когда обе системы только вступили в противостояние с имеющимся численным составом.

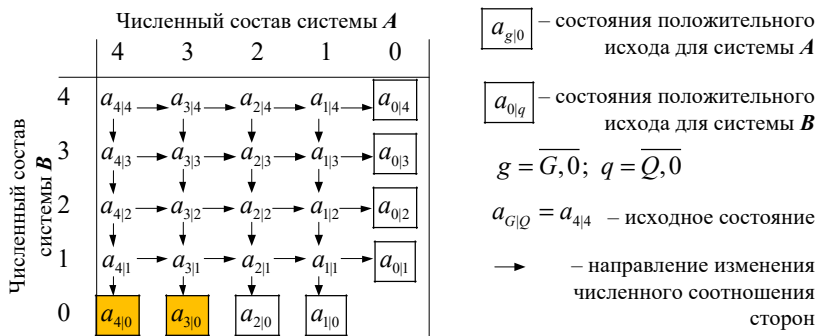


Рис. 1. Матрица возможных состояний строгого конфликта двух систем при исходном соотношении их численностей $G / Q = 4 / 4$

Переходы из одного состояния в другое, обозначенные на рис. 1 стрелками, показывают направление изменения численного соотношения сторон в результате нестационарных воздействий активных элементов двух систем друг на друга.

Исходя из предположения о полумарковском процессе изменения состояний моделируемого конфликта, каждый переход будет характеризоваться условной вероятностью перехода $P_{g|q, g|q-1} (P_{g|q, g-1|q})$ и плотностью вероятности распределения времени нахождения в одном состоянии при переходе в другое состояние $f_{g|q, g|q-1}(t) (f_{g|q, g-1|q}(t))$, где $g = \overline{G}, 0; q = \overline{Q}, 0$.

Поскольку каждый переход задается действиями обеих сторон, возможности которых отличаются, то все переходы следует считать конфликтно обусловленными [4]. Получим указанные характеристики смены состояний.

2. Методика формирования вероятностно-переходных характеристик единичного перехода матрицы состояний

Методика формирования вероятностно-переходных характеристик единичного перехода матрицы состояний, на примере единичного

изменения исходного соотношения численностей двух систем в пользу системы A :

$$G/Q = 4/4 \rightarrow 4/3 , \quad (1)$$

предполагает последовательное выполнение следующих операций.

1. Присвоим порядковые номера от 1 до 4 активным элементам системы A .

2. Представим плотность вероятности события, состоящего в том, что в интервале времени $(t; t + dt)$ активный элемент № 1 системы A выполнит задачу по исключению одного активным элемента системы B , при этом остальные номера 2-4 эту задачу не выполнят, в виде произведения:

$$\tilde{P}_{1A}(t) = f_1^A(t) [1 - F_2^A(t)] \cdot [1 - F_3^A(t)] \cdot [1 - F_4^A(t)] , \quad (2)$$

где $f_i^A(t)$, $F_i^A(t)$ – плотность и функция распределения времени единичного исключаяющего воздействия в отношении противоборствующей системы для активного элемента системы A под номером « i » .

3. Получим аналогичные плотности вероятности для ситуаций, когда подобную задачу последовательно выполнят остальные активные элементы системы A $\tilde{P}_{2A}(t)$, $\tilde{P}_{3A}(t)$, $\tilde{P}_{4A}(t)$.

4. Просуммируем полученные в пунктах 2 и 3 плотности вероятности:

$$\tilde{P}_A(t) = \sum_{i=1}^4 \tilde{P}_{iA}(t) . \quad (3)$$

5. Умножим сумму (3) на плотность вероятности того, что за рассматриваемый интервал времени $(t; t + dt)$ ни один из четырех активных элементов системы B не выполнит задачу исключения активных элементов системы A :

$$\begin{aligned} f_{4|4,4|3}(t) &= \tilde{P}_A(t) \cdot [1 - \tilde{P}_B(t)] = \\ &= \tilde{P}_A(t) [1 - F_1^B(t)] \cdot [1 - F_2^B(t)] \cdot [1 - F_3^B(t)] \cdot [1 - F_4^B(t)] . \end{aligned} \quad (4)$$

6. Интеграл от плотности вероятности, полученной в пункте 5, на интервале времени $(t_0; t)$ позволит определить функцию распределения вероятности времени исключения одного активного элемента системы B при соотношении численностей конфликтующих сторон в момент времени t_0 4/4 :

$$P_{4|4,4|3}(t) = \int_{t_0}^t f_{4|4,4|3}(\tau) d\tau . \quad (5)$$

Нетрудно заметить, что каждый конфликтно обусловленный переход, обозначенный на рис. 1 стрелкой, определяется возможностями систем, которые заданы переходной вероятностью и условной плотностью вероятности времени, отводимого на единичное исключяющее воздействие одного активного элемента системы $A(B)$ в отношении одного активного элемента системы $B(A)$. Значения переходных характеристик могут быть обоснованы следующим образом.

3. Процесс единичного исключяющего воздействия

Представим процесс единичного исключяющего воздействия последовательностью частных процессов обеспечения активных действий и непосредственной реализации этих действий. На рис. 2 последовательность выполнения этих задач представлена в виде ориентированного графа состояний.

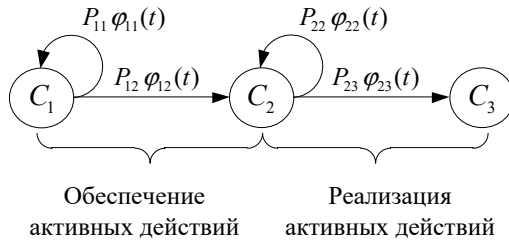


Рис. 2. Граф состояний процесса единичного исключяющего воздействия, как последовательность процессов обеспечения активных действий и непосредственной реализации этих действий

На рис. 2 приняты следующие обозначения: C_1 – исходное состояние, характеризующее начало выполнения задачи обеспечения активных действий; C_2 – задача обеспечения активных действий выполнена, начато выполнение задачи их реализации; C_3 – процесс реализации активных действий завершен; $P_{ij} \varphi_{ij}(t)$ – вероятностная пара, определяющая возможность и оперативность частного процесса, представленного переходом « $C_i \rightarrow C_j$ ».

Среднее время, потребное одному активному элементу для выполнения единичного исключаяющего воздействия, получим путем представления графа состояний (рис. 2) в форме передаточной функции обобщающего перехода « $C_1 \rightarrow C_3$ »:

$$H_{13}(s) = H_o(s) \cdot H_p(s) = \frac{P_{12}\Phi_{12}(s)P_{23}\Phi_{23}(s)}{[1 - P_{11}\Phi_{11}(s)][1 - P_{22}\Phi_{22}(s)]}. \quad (6)$$

с последующим преобразованием вида [5]:

$$\bar{T}^{A(B)} = \bar{T}_{13}^{A(B)} = \frac{1}{H_{13}^{A(B)}(0)} \cdot \left. \frac{-dH_{13}^{A(B)}(s)}{ds} \right|_{s=0}, \quad (7)$$

где $\varphi_{ij}(s)$ – плотность вероятности времени перехода « $C_i \rightarrow C_j$ » графа состояний (рис. 2) в форме преобразования Лапласа; $H_{13}^{A(B)}(0)$ – нормирующий коэффициент передаточной функции $H_{13}^{A(B)}(s)$.

Дисперсию среднего времени единичного исключаяющего воздействия получим из выражения:

$$\begin{aligned} \sigma_{T^{A(B)}}^2 &= \\ &= \left\{ \frac{1}{H_{13}^{A(B)}(0)} \cdot \frac{d^2 H_{13}^{A(B)}(s)}{ds^2} - \left(\frac{1}{H_{13}^{A(B)}(0)} \cdot \frac{dH_{13}^{A(B)}(s)}{ds} \right)^2 \right\} \Bigg|_{s=0}. \quad (8) \end{aligned}$$

Имея в распоряжении значения математического ожидания (7) и дисперсии (8) случайной величины времени единичного исключаяющего воздействия, представляется возможным применение различных законов его распределения в общей модели строгого конфликта.

4. Применение различных законов распределения времени при моделировании конфликта

Рассмотрим случай, когда безусловные плотности вероятности распределения времени нахождения конфликта в одном состоянии матрицы (рис. 1) при единичном переходе в другое определяются экспоненциальным законом:

$$\begin{aligned} f_{g|q, g-1|q}^A(t) &= P_g \lambda_g \cdot \exp\{-\lambda_g t\}; \\ f_{g|q, g-1|q}^B(t) &= P_q \beta_q \cdot \exp\{-\beta_q t\}, \quad (9) \end{aligned}$$

где $P_{g(q)}$ – вероятность воздействия одного активного элемента системы $A(B)$ в отношении одного активного элемента системы $B(A)$ с задачей его исключения; $\lambda_g = 1/\bar{T}_g^A$, $\beta_q = 1/\bar{T}_q^B$ – интенсивности единичного исключаяющего воздействия активного элемента системы A и B соответственно.

Тогда, применительно к системе A , на основании приведенной выше методики, условная плотность вероятности времени упреждающего исключаяющего воздействия одного активного элемента системы B на бесконечно малом интервале $(t; t + dt)$, при соотношении сторон G/Q и предположении об экспоненциальном распределении времени единичного шага матрицы (рис. 1), будет определяться выражением:

$$f_{G|Q, G|Q-1}(t) = \sum_{g=1}^G \left(P_g \lambda_g e^{-\lambda_g t} \prod_{\substack{g'=1 \\ g' \neq g}}^G [1 - P_{g'} (1 - e^{-\lambda_{g'} t})] \right) \prod_{q=1}^Q [1 - P_q (1 - e^{-\beta_q t})]. \quad (10)$$

Представленная в выражении (10) сумма характеризует событие, состоящее в том, что один из G активных элементов системы A посредством исключаяющих воздействий сократит численный состав системы B на одну единицу. Второй множитель характеризует событие, состоящее в том, что за рассматриваемый интервал времени $(t; t + dt)$ ни один из Q активных элементов системы B не выполнит успешно задачу по исключению активных элементов системы A .

Если в противоборство вступили однородные по возможностям системы, то есть $\lambda_g = \lambda$, $\beta_q = \beta$, $P_g = P_A$, $P_q = P_B$, то выражение (10) примет следующий вид:

$$f_{G|Q, G|Q-1}(t) = GP_A \lambda e^{-\lambda t} [1 - P_A (1 - e^{-\lambda t})]^{G-1} [1 - P_B (1 - e^{-\beta t})]^Q. \quad (11)$$

Произвольные переходы (при соотношении сторон g/q) в направлении успешного исхода системы A и B в соответствии с (11) определяются выражениями:

$$\begin{aligned}
 f_{g|q, g|q-1}(t) &= \\
 &= gP_A \lambda e^{-\lambda t} \left[1 - P_A(1 - e^{-\lambda t})\right]^{g-1} \left[1 - P_B(1 - e^{-\beta t})\right]^q ;
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
 f_{g|q, g-1|q}(t) &= \\
 &= qP_B \beta e^{-\beta t} \left[1 - P_B(1 - e^{-\beta t})\right]^{q-1} \left[1 - P_A(1 - e^{-\lambda t})\right]^g .
 \end{aligned}$$

Тогда вероятности единичного перехода матрицы состояний (рис. 1) в направлении успешного исхода для сторон *A* и *B* за выбранный интервал времени $(t_0; t)$ соответственно будут равны:

$$P_{g|q, g|q-1}(t) = \int_{t_0}^t f_{g|q, g|q-1}(\tau) d\tau ;
 \tag{13}$$

$$P_{g|q, g-1|q}(t) = \int_{t_0}^t f_{g|q, g-1|q}(\tau) d\tau .$$

С точки зрения решения практических задач интерес представляет определение вероятности появления систем в состояниях положительного исхода, показанных на рис. 1 крайне правым столбцом для системы *B* и нижней строкой матрицы для системы *A*. При этом успешный исход конфликта для каждой из систем подразумевает допустимые потери.

Рассмотрим пример конфликта, матрица состояний которого показана на рис. 1 ($G / Q = 4 / 4$), а успешный исход в пользу системы *A* подразумевает собственные потери не более одного из четырех активных элементов (состояния a_{40}, a_{30}). Представим возможные варианты динамики соотношения численностей вступивших в конфликт систем с указанным исходом в виде цепочек последовательных переходов:

$$\begin{aligned}
 a_{4|4} &\rightarrow a_{4|3} \rightarrow a_{4|2} \rightarrow a_{4|1} \rightarrow a_{4|0}; \\
 a_{4|4} &\rightarrow a_{3|4} \rightarrow a_{3|3} \rightarrow a_{3|2} \rightarrow a_{3|1} \rightarrow a_{3|0}; \\
 a_{4|4} &\rightarrow a_{4|3} \rightarrow a_{3|3} \rightarrow a_{3|2} \rightarrow a_{3|1} \rightarrow a_{3|0}; \\
 a_{4|4} &\rightarrow a_{4|3} \rightarrow a_{4|2} \rightarrow a_{3|2} \rightarrow a_{3|1} \rightarrow a_{3|0}; \\
 a_{4|4} &\rightarrow a_{4|3} \rightarrow a_{4|2} \rightarrow a_{4|1} \rightarrow a_{3|1} \rightarrow a_{3|0},
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

каждый из которых характеризуется условной вероятностью (13). Тогда вероятность выигрыша системы *A* с допустимыми потерями будет

определяться суммой произведений условных вероятностей переходов каждой цепочки возможных вариантов:

$$P(g, q, t) = P(> 2, 0, t) = \sum \begin{bmatrix} P_{4|4,4|3}(t) \cdot P_{4|3,4|2}(t) \cdot P_{4|2,4|1}(t) \cdot P_{4|1,4|0}(t); \\ P_{4|4,3|4}(t) \cdot P_{4|3,3|3}(t) \cdot P_{4|3,3|2}(t) \cdot P_{4|2,3|1}(t) \cdot P_{4|1,3|0}(t); \\ P_{4|4,4|3}(t) \cdot P_{4|3,3|3}(t) \cdot P_{4|3,3|2}(t) \cdot P_{4|2,3|1}(t) \cdot P_{4|1,3|0}(t); \\ P_{4|4,4|3}(t) \cdot P_{4|3,4|2}(t) \cdot P_{4|2,3|2}(t) \cdot P_{4|2,3|1}(t) \cdot P_{4|1,3|0}(t); \\ P_{4|4,4|3}(t) \cdot P_{4|3,4|2}(t) \cdot P_{4|2,4|1}(t) \cdot P_{4|1,3|1}(t) \cdot P_{4|1,3|0}(t) \end{bmatrix}. \quad (15)$$

В соответствии с описанным выше подходом на рис. 3 построены графики зависимостей вероятности абсолютного успешного исхода $P(4, 0, t)$ конфликта в пользу системы A и с допустимыми потерями в один активный элемент $P(> 2, 0, t)$ от времени, при исходном соотношении численностей однородных по составу систем $G/Q=4/4$, $\bar{T}^A / \bar{T}^B = 3/5$, $P_A = P_B = 1$.

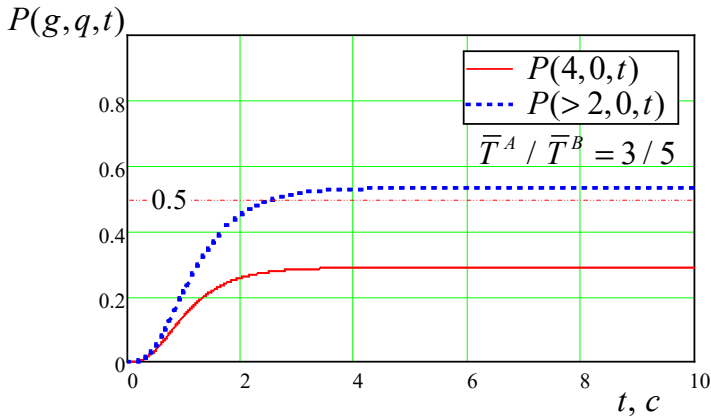


Рис. 3. Зависимости вероятности абсолютного успешного исхода конфликта в пользу системы A и с допустимыми потерями в один активный элемент от времени, при исходном соотношении численностей сторон $4/4$ (закон распределения времени исключаяющего воздействия – экспоненциальный)

Экспоненциальный закон распределения случайной величины времени является наиболее распространенным, поскольку достаточно легко поддается различным методам преобразованиям, используемым при компьютерном моделировании. Проведенные ранее исследования, в том числе с участием авторов [4, 5], показали, что, не смотря на указанные достоинства, экспоненциальный закон обладает меньшей точностью воспроизведения моделируемого процесса в отличии, например, от закона Рэлея.

Рассмотрим случай, когда безусловные плотности вероятности распределения времени единичного исключаяющего воздействия определяются законом Рэлея:

$$f_{g|q, g|q-1}^A(t) = P_g \frac{t}{\sigma_A^2} \cdot \exp\left\{-\frac{t^2}{2\sigma_A^2}\right\};$$

$$f_{g|q, g-1|q}^B(t) = P_q \frac{t}{\sigma_B^2} \cdot \exp\left\{-\frac{t^2}{2\sigma_B^2}\right\}.$$
(16)

Учитывая связь между параметром $\sigma_{A(B)}$ и математическим ожиданием рэлеевской случайной величины $\sigma_{A(B)} = \bar{T}^{A(B)} / \sqrt{\pi/2}$, и используя величины интенсивности исключаяющих воздействий λ_g, β_q , плотность распределения (16) может быть определена:

$$f_{g|q, g|q-1}^A(t) = P_g \frac{\pi \lambda_g^2 t}{2} \cdot \exp\left\{-\frac{\pi \lambda_g^2 t^2}{4}\right\};$$

$$f_{g|q, g-1|q}^B(t) = P_q \frac{\pi \beta_q^2 t}{2} \cdot \exp\left\{-\frac{\pi \beta_q^2 t^2}{4}\right\}.$$
(17)

Тогда, применительно к системе A , на основании приведенной выше методики, условная плотность вероятности времени упреждающего исключения одного активного элемента системы B на бесконечно малом интервале $(t; t + dt)$, при соотношении сторон G / Q и предположении о рэлеевском распределении времени исключаяющего воздействия, будет определяться выражением:

$$\begin{aligned}
 f_{G|Q,G|Q-1}(t) &= \\
 &= \sum_{g=1}^G \left(P_g \frac{\pi \lambda_g^2 t}{2} e^{-\frac{\pi \lambda_g^2 t^2}{4}} \prod_{\substack{g'=1 \\ g' \neq g}}^G \left[1 - P_{g'} \left(1 - e^{-\frac{\pi \lambda_{g'}^2 t^2}{4}} \right) \right] \right) \times \\
 &\times \prod_{q=1}^Q \left[1 - P_q \left(1 - e^{-\frac{\pi \beta_q^2 t^2}{4}} \right) \right].
 \end{aligned} \tag{18}$$

Для произвольных переходов в направлении успешного исхода системы A , в случае однородных по возможностям систем конфликта, когда $\lambda_g = \lambda$, $\beta_q = \beta$, а $P_g = P_q = 1$, выражение (18) примет следующий вид:

$$f_{g|q,g|q-1}(t) = g \frac{\pi \lambda^2 t}{2} \exp \left\{ -\frac{\pi}{4} (g \lambda^2 + q \beta^2) t^2 \right\}. \quad 7$$

Вероятности единичного перехода матрицы состояний (рис. 1) в направлении успешного исхода конфликта для системы A и B за выбранный интервал времени $(t_0; t)$ будут равны:

$$\begin{aligned}
 P_{g|q,g|q-1}(t) &= \frac{g \lambda^2}{g \lambda^2 + q \beta^2} \left[1 - \exp \left\{ -\frac{\pi}{4} (g \lambda^2 + q \beta^2) t^2 \right\} \right]; \\
 P_{g|q,g-1|q}(t) &= \frac{q \beta^2}{g \lambda^2 + q \beta^2} \left[1 - \exp \left\{ -\frac{\pi}{4} (g \lambda^2 + q \beta^2) t^2 \right\} \right].
 \end{aligned} \tag{19}$$

Для оценки успешного исхода конфликта в пользу системы A при исходном соотношении численностей однородных по составу систем 4/4 и допустимых потерях в один активный элемент, подставим выражение (20) в (15). Результаты моделирования в виде графиков зависимостей показаны на рис. 4.

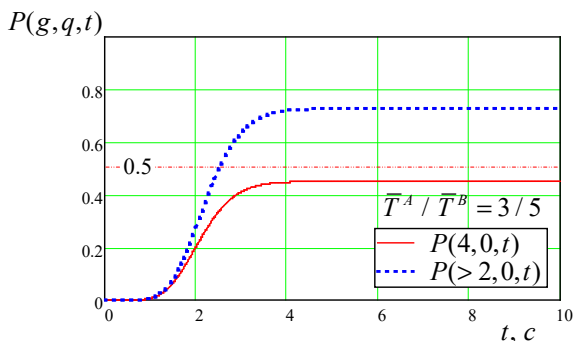


Рис. 4. Зависимости вероятности абсолютного успешного исхода конфликта в пользу системы А и с допустимыми потерями в один активный элемент от времени, при исходном соотношении численностей систем 4/4 (закон распределения времени исключающего воздействия – Рэлея)

На рис. 5 представлены зависимости вероятности успешного исхода конфликта в пользу системы А с допустимыми потерями в один активный элемент от времени, при равных исходных данных для различных законов распределения времени элементарных переходов матрицы возможных состояний (рис. 1).

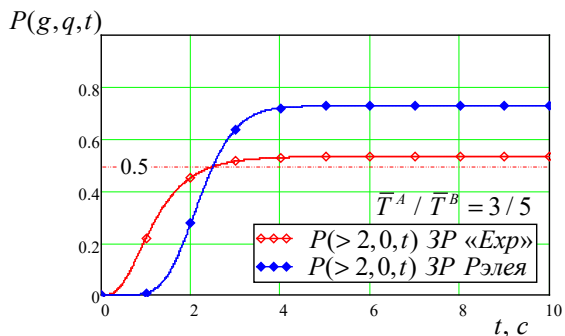


Рис. 5. Зависимости вероятности успешного исхода конфликта в пользу системы А с допустимыми потерями в один активный элемент от времени, при равных исходных данных и различных законах распределения времени элементарных переходов матрицы возможных состояний

Сравнительная оценка результатов моделирования при экспоненциальном и рэлеевском распределении времени единичного изменения численностей систем показала, что применение закона Рэлея приводит к повышенному итоговому значению вероятности выигрыша, однако кривая зависимости этой вероятности обладает большей инерцией на начальном этапе.

Заключение

Таким образом, на основе представления динамики соотношения численностей двух противоборствующих систем с заданным числом активных элементов полумарковскими случайными процессами и описания их строгого конфликта прямыми интегродифференциальными уравнениями разработана вероятностная модель, позволяющая производить оценку возможностей каждой из систем на успешный исход, с учетом:

- разнородности состава систем;
- допустимых ограничений на собственные потери;
- представления случайной величины времени единичного изменения численностей систем различными законами распределения;
- возможностей элементов конфликтующих систем по обеспечению активных действий и их реализации;
- цикличности задач обеспечения и реализации активных действий элементов систем.

Модель характеризуется единичными изменениями численности одной из систем, участвующих в противостоянии, и позволяет получить вероятность выигрыша в строгом конфликте к заданному моменту времени с учетом динамически изменяющихся интенсивностей исключаяющих воздействий. Учет допустимого числа потерь с одной стороны конкретизирует понятие «успешный исход», а с другой стороны существенно сокращает вычислительные затраты, так как из полной группы возможных исходов единой конфликтной системы оценке подвергается лишь ее часть. Для заданных исходных численностей конфликтующих систем, а также известных значений интенсивностей исключаяющих воздействий их активных элементов, результатом моделирования стали зависимости вероятности успешного исхода одной из систем от времени протекания конфликта.

Применение математического аппарата полумарковских процессов позволило снять существенные ограничения на закон распределения времени единичных исключаяющих воздействий каждой из сторон конфликта.

В ситуациях, когда одна из систем строгого конфликта имеет повышенный уровень защиты, а противоборствующая система имеет

явно выраженные приоритетные к исключению активные элементы, распределение активных исключających воздействий (усилий) может быть отличным от равномерного. Так при исходном соотношении численности систем конфликта 4/4, активные элементы системы A , обладая преимуществом в защите (живучести), могут реализовать «попарное сосредоточение исключających воздействий» в отношении двух приоритетных к исключению активных элементов системы B . При этом общий смысл методики формирования вероятно-переходных характеристик единичного перехода матрицы состояний не изменится.

Список литературы

1. Шляхин, В.М. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. Методы и математические модели / В.И. Владимиров, В.П. Лихачев, В.М. Шляхин. – М.: Радиотехника, 2004. – 384 с.
2. Буравлев, А.И. Дифференциальное уравнение для количественного соотношения численностей противоборствующих сторон / А. Буравлев // Вооружение и экономика. – 2009. – № 4(8). – С. 4-8.
3. Методический подход к построению имитационных моделей конфликта малочисленных группировок сторон / Козирацкий Ю.Л. [и др.] // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 1. – С. 183-192.
4. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения / Ю.Л. Козирацкий [и др.]; отв. ред. Ю.Л. Козирацкий – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
5. Модели пространственного и частотного поиска / Ю.Л. Козирацкий [и др.]; отв. ред. Ю.Л. Козирацкий – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.

Моделирование и обоснование размеров санитарно-защитной зоны проектируемого предприятия

Л. Н. Костылева, email: kostyleva12@yandex.ru

Б. В. Мозиков, А. Е. Кот

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия
им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** В статье рассматривается один из методов моделирования размеров санитарно-защитной зоны проектируемого предприятия, являющегося источником негативного воздействия на среду обитания и здоровье человека.*

***Ключевые слова:** Моделирование, санитарно-защитная зона, негативное воздействие, загрязняющие вещества.*

Введение

Промышленные объекты вносят весомый вклад в загрязнение среды обитания. Несмотря на принимаемые природоохранными организациями меры, состояние природной среды ухудшается с каждым годом.

Для различных объектов и предприятий, которые являются источниками загрязнения среды обитания и угрожающие здоровью людей необходимо предусматривать специальную территорию с особым режимом использования, так называемую санитарно-защитную зону (СЗЗ), размеры которой зависят от степени воздействия на природную среду и класса опасности объекта. На территории СЗЗ не должны располагаться жилые дома, зоны отдыха, дачные участки, спортивные объекты, оздоровительные учреждения, пищевые производства, водопроводные сооружения и т.д.

Санитарно-защитной зоной считается совокупность точек, в которых вклад источников по одному и тому же ингредиенту в сумме с фоновой концентрацией рассматриваемого ингредиента равен предельно допустимой концентрации. В том случае, если вредные компоненты обладают эффектом суммации воздействия, то сумма их безразмерных концентраций с фоновыми должна быть равна единице [2, 3, 5].

Расчет санитарно-защитной зоны по фактору загрязнения атмосферного воздуха проводится на основании ОНД-86 и СанПиН

2.2.1/2.1.1.1200-03. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [4].

СЗЗ должна утверждаться в соответствии с законодательством Российской Федерации при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии нормам и правилам.

Ширина СЗЗ должна обеспечивать снижение ожидаемого негативного воздействия (физического, химического, электромагнитного, биологического) источника загрязнения до определенных значений, установленных санитарно-гигиеническими нормами. Для групп техногенных источников устанавливается единая санитарно-защитная зона, учитывая суммарные выбросы, физическое или иное негативное воздействие всех источников [1].

Результаты исследования

Исследование проводилось на примере проектируемого предприятия, в состав которого входят три производственных участка (открытая стоянка автотранспорта, растворный узел, кузнечный участок).

Далее приведен алгоритм расчета нормативного размера СЗЗ.

На первом этапе рассчитывается нормативное расстояние от центра промплощадки до границы СЗЗ L_0 , на котором $C_\phi + C_{Mi} = \text{ПДК}$

$$L_0 = s + l_0, \quad (1)$$

где s – расстояние от центра промышленной площадки до ее границ, м; l_0 – нормативные размеры СЗЗ, т.е. расстояние от границы промплощадки до границы СЗЗ по СанПиН.

На втором этапе проводится корректировка границы СЗЗ по румбам. Для каждого из румбов

$$L = L_0 \cdot \frac{P}{P_0}, \quad (2)$$

где L – расчетный размер СЗЗ по румбу, м; P – продолжительность ветров по румбу, %; P_0 – 12,5 % (если число румбов 8, то $100/8 = 12,5$; L_0 – расстояние до границы СЗЗ (при круговой розе ветров).

Корректировка позволяет наглядно определить опасное направление с позиции нового строительства или существующей

застройки, т.к. она учитывает продолжительность ветров данного румба. Окончательная граница СЗЗ наносится следующим образом:

- для румбов, при которых $P/P_0 < 1$, остается величина L_0 ;
- для румбов, при которых $P/P_0 > 1$ принимаются скорректированные значения L .

Таким образом, размеры СЗЗ в первом случае равны l_0 , а в случае скорректированных значений – $(L - s)$.

Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики СЗЗ

Румбы	С	СВ	В	ЮВ	Ю	З	СЗ
S	75	111.3	109.99	111.3	75	109.99	111.3
P/P_0	175	211.3	209.99	211.3	175	209.99	211.3
$L_0 = l_0 + s$	168	219.8	181.7	263.7	140	251.99	202.8
L	0.96	1.04	0.86	1.12	0.8	1.2	0.96
$CCЗ_n = L - s$	100	108.5	100	125.4	100	142	100

На основании расчетов и проанализированных данных по программе «призма» получили карту-схему предприятия с нанесенной СЗЗ (рис. 1).

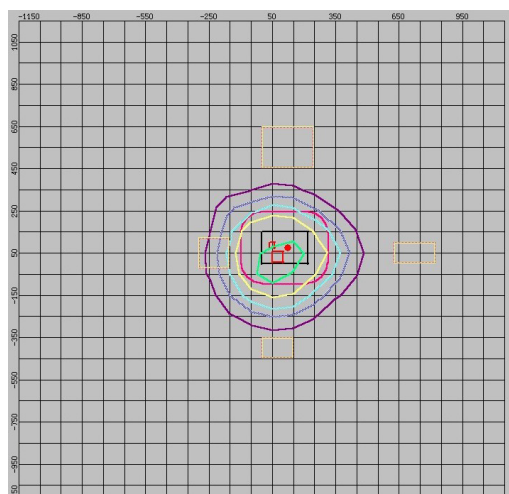


Рис. 1. Карта-схема предприятия с нанесенной СЗЗ

Далее проводится обоснование размеров СЗЗ: проверяем выполнение нормирования $C_{\phi} + C_M \leq \text{ПДК}$, если условия выполняются, то оставляем скорректированный по румбам размер СЗЗ.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Обоснование размеров СЗЗ

Загрязняющие вещества	M, г/с	C_M , мг/м ³	C_{ϕ} , мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Выполняются ли условия $C_{\phi} + C_M \leq \text{ПДК}$
диоксид азота	0.18	1.4	0.017	0.04	нет
оксид азота	0.029	5.38	0.08	0.06	нет
керосин	0.12	22.26	0.24	1.2	нет
оксид углерода	0.017	3.15	1	3	нет
оксид серы	0.89	1.24	0.1	0.05	нет
сажа	0.0177	0.48	0.03	0.05	нет
песок	$1.42 \cdot 10^{-7}$	$6.2 \cdot 10^{-6}$	0.03	0.15	да
цемент	$5.71 \cdot 10^{-7}$	$2.49 \cdot 10^{-5}$	0.03	0.05	да

Из табл. 2 видно, что для песка и цемента, условие $C_{\phi} + C_M \leq \text{ПДК}$ – выполняется, а для диоксида азота, оксида азота, керосина, оксида углерода и сажи – условие не выполняется.

Если не выполняются, то разрабатываем мероприятия по снижению концентрации загрязняющих веществ. Для уменьшения выбросов оксидов азота, например, можно применить каталитические методы очистки. Наиболее эффективным методом удаления паров керосина из воздуха является адсорбционный. Для очистки воздуха от оксида серы применяются комплексные методы.

Одним из весомых источников СО в атмосфере городов (выше 90%) является автотранспорт, поскольку в двигателях внутреннего сгорания происходит неполное сгорание углерода. Для достижения установленных норм выхлопные газы смешиваются с воздухом в присутствии катализатора. Оставшийся оксид углерода (II) окисляется в

каталитическом преобразователе, содержащем платину и палладий, обладающими каталитическими свойствами.

Для уменьшения содержания сажи и песка в атмосферном воздухе можно использовать пылевые фильтры. Они удаляют механические частицы (пыль, сажу, пыльцу растений) из воздуха.

Заключение

Таким образом, с помощью компьютерной программы «Призма» получили карту-схему предприятия с нанесенной санитарно-защитной зоной и провели ее обоснование для снижения негативного воздействия проектируемого объекта на природную среду.

Установление СЗЗ необходимо в целях подхода к единому правовому регулированию в области охраны окружающей среды, сохранения экологической безопасности и здоровья населения, проживающего в крупных промышленных городах.

Список литературы

1. Булгакова, Л. М. Оценка воздействия на окружающую среду и ЭЭ : учебное пособие / Л. М. Булгакова, Г. В. Кудрина, Р. Н. Плотникова – Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2005. – 304 с.
2. Дьяков, К. Н. Экологическое проектирование и экспертиза / К. Н. Дьяков, А. В. Дончева – М. : Аспект-Пресс, 2005. – 384 с.
3. Израэль, Ю. А. Экологический контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
5. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды : учебник для вузов / А. И. Родионов, В. И. Клушин, Н. С. Торочешников – М. : Химия, 1989. – 512 с.

Алгебры Ли: алгоритмы программной обработки информации

В. В. Крутских, email: krutskihvlad@mail.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются вопросы программной реализации алгоритмов выделения из множества абстрактных алгебр Ли (достаточно больших размерностей) объектов, допускающих представление в виде алгебр векторных полей в конкретных пространствах.*

***Ключевые слова:** алгебры Ли, коммутационные соотношения алгоритмы, символьная математика.*

Введение

Задача описания голоморфно однородных вещественных гиперповерхностей n -мерных комплексных пространств была поставлена в начале 20 века Э. Картаном (см. [1]) и им же решена в простейшей формулировке (при $n = 2$). За счет увеличения размерностей исследуемых комплексных пространств в нынешней конфигурации задача существенно усложняется. Использование идей Картана, связанных с алгебрами Ли, по сути превращает ее в задачу поиска алгебр Ли, которые могут быть ассоциированы с однородными многообразиями в комплексном пространстве заданной размерности.

Один из подходов к такому поиску связан с исследованием алгебр Ли различных размерностей. Чем выше размерность пространства, тем больше алгебр Ли различных размерностей необходимо исследовать. Так, в полностью изученном случае пространства \mathbb{C}^3 (см. [2]) рассматривалось порядка 100 различных алгебр Ли, а для следующего случая \mathbb{C}^4 необходимо рассмотреть, например, более тысячи различных типов 7-мерных алгебр Ли. Уже из этого факта следует, что без применения современных компьютерных технологий качественно улучшить и ускорить исследование задачи Э. Картана не представляется возможным.

В статье [3] рассматривались компьютерные алгоритмы, которые упрощают работу исследователя в довольно простом, с точки зрения вычислений, случае. В настоящей работе будут разобраны алгоритмы, которые помогают в анализе алгебр Ли. Область применимости этих алгоритмов пока не является всеобъемлющей, но потенциально они

кратно облегают «ручные» вычисления в исследовании задачи об однородности в терминах соответствующих алгебр Ли.

1. Постановка проблемы

Алгебра Ли – это линейное пространство с антикоммутирующим умножением. Всякая 7-мерная алгебра Ли описывается своей «таблицей умножения», т.е. множеством коммутационных соотношений вида

$$[e_i, e_j] = \sum_{k=1}^7 \alpha_k e_k, \quad (1)$$

где $e_1 \dots e_7$ - какой-либо базис обскуждаемой алгебры.

Для каждой такой алгебры необходимо найти (если это возможно) реализацию в виде алгебры голоморфных векторных полей в \mathbb{C}^4 . В свою очередь голоморфное векторное поле в \mathbb{C}^4 задается формулой следующего вида

$$e = a(z) \frac{\partial}{\partial z_1} + b(z) \frac{\partial}{\partial z_2} + c(z) \frac{\partial}{\partial z_3} + d(z) \frac{\partial}{\partial z_4}, \quad (2)$$

где $a(z)$, $b(z)$, $c(z)$, $d(z)$ – голоморфные функции от четырех комплексных переменных $z = (z_1, z_2, z_3, z_4)$. В сокращенной форме такие поля записываем как

$$e = (a(z), b(z), c(z), d(z)). \quad (3)$$

Нас интересуют векторные поля, касательные к вещественной гиперповерхности пространства \mathbb{C}^4 (орбита алгебры Ли). При этом поля должны иметь полный ранг в точках искомой поверхности, а сама эта поверхность предполагается невырожденной в своей квадратичной (точнее, эрмитовой) части.

Задача поиска однородной гиперповерхности в этом пространстве по 7-мерной алгебре векторных полей (интегрирование алгебры Ли) также достаточно сложна в реализации и требует разработки отдельных алгоритмов. Опуская здесь технические подробности описания перехода от алгебр Ли векторных полей к их орбитам, отметим, что чаще всего абстрактная алгебра, заданная коммутационными соотношениями, не имеет представления в виде алгебры векторных полей. Однако, не проделав довольно длинный путь из вычислений, понять это пока не представляется возможным.

2. Алгебры векторных полей

Для полноты и ясности излагаемого материала статьи напомним понятие коммутатора двух векторных полей, который определяется следующей формулой

$$[e_i, e_j] = e_i(e_j) - e_j(e_i), \quad (4)$$

где $e_i(e_j)$ – суммирование последовательных дифференцирований всех компонент поля e_j слагаемыми поля e_i .

Итак, в начале рассмотрений мы имеем коммутационные соотношения для большого семейства абстрактных 7-мерных алгебр Ли, из которых необходимо получить алгебры векторных полей. У большого количества 7-мерных алгебр Ли из работы [6] имеется 4-мерный абелев идеал (и нет абелевых идеалов большей размерности). Мы применяем наш алгоритм именно к таким алгебрам, считая каждую из них касательной к некоторой невырожденной гиперповерхности пространства \mathbb{C}^4 .

Для любой из них, согласно лемме из [4], любую четверку коммутирующих линейно независимых полей такого идеала можно привести к одному из трех видов

$$\begin{array}{lll} e_1 : & (0, 0, 0, 1) & (0, 0, 0, 1) & (0, 0, 0, 1) \\ e_2 : & (0, 0, 1, 0) & (0, 0, 1, 0) & (0, 0, 1, 0) \\ e_3 : & (0, 1, 0, 0) & (0, 1, 0, 0) & (0, 0, c_3(z_1), d_3(z_1)) \\ e_4 : & (1, 0, 0, 0) & (0, b_4(z_1), c_4(z_1), d_4(z_1)) & (0, 1, 0, 0) \end{array} \quad (5)$$

которые мы называем, соответственно, первым, вторым и третьим случаями леммы соответственно. В данной работе речь пойдет об алгоритме для второго и третьего случаев, т.к. алгоритм для первого описан в работе [3].

Назовем поле вида $(0, 0, 0, 1)$ выпрямленным. В рамках второго и третьего случаев мы имеем по три выпрямленных поля в базисе обсуждаемой 7-мерной алгебры и четвертое частично упрощенное поле. Для того, чтобы понять, как выглядят голоморфные компоненты оставшихся трех базисных полей из реализации фиксированной абстрактной алгебры Ли, необходимо сделать предварительный шаг предлагаемого алгоритма. Он состоит в вычислении коммутаторов для пар полей, одно из которых является, а другое – не является элементами идеала. В результате выполнения этого шага 3 базисных векторных поля из 7 останутся выпрямленными, а компоненты 4 других векторных полей будут зависеть только от одной переменной z_1 .

Далее предположим, что одно из полей имеет вид

$$e_i = (a_i(z_1), l_b + b_i(z_1), l_c + c_i(z_1), l_d + d_i(z_1)), \quad (6)$$

где l_b, l_c, l_d – линейные комбинации переменных z_2, z_3, z_4 , и $a_i(z_1) \neq 0$. Тогда такое поле можно «частично выпрямить» (см. [5]) и привести к следующему виду

$$e_i = (1, l_b, l_c, l_d). \quad (7)$$

В итоге осталось рассмотреть только 5 коммутационных соотношения, три из которых помогут найти конечный вид оставшихся в компонентах полей функций, зависящих только от переменной z_1 , а другие два помогут найти значения комплексных констант в этих полях.

Предложенный алгоритм практически всегда доводит базисные поля обсуждаемой алгебры до вида, в котором неизвестные изначально компоненты всех 7 базисных содержат лишь несколько произвольных комплексных констант.

Отметим, что поиск значений этих констант связан с решением попутно возникающих нелинейных систем уравнений на эти параметры. Пока изучение таких систем не является тривиально алгоритмизируемой задачей для пакета символьной математики Maple, в котором проводится большая часть вычислений.

3. Алгоритм поиска 7-ого поля

Работу одного из шагов алгоритма рассмотрим на достаточно простом примере. Имеем 7-мерную алгебру Ли с 6-мерным (не абелевым, а нильпотентным), идеалом [6,21] в кодировке работы [6]. Этот идеал является общей подалгеброй Ли для большой группы алгебр (в данном примере рассмотрим группу из 7 алгебр с таким идеалом). Для этого идеала имеем следующие коммутационные соотношения

$$[e_2, e_4] = e_1, [e_3, e_6] = e_1, [e_4, e_6] = e_2, [e_5, e_6] = e_3, \quad (8)$$

которые приведены в [6].

Для этой подалгебры с помощью описанных в предыдущем разделе шагов получаем следующее неполное представление в виде алгебры векторных полей

$$\begin{aligned} e_1 &: (0, 0, 0, 1), \\ e_2 &: (0, 1, 0, 0), \\ e_3 &: (0, 0, 1, 0), \\ e_4 &: (0, -z_1 + B_4, C_4, z_2 + C_4 z_1), \\ e_5 &: (0, 0, -z_1, -z_1^2 / 2 + D_5), \\ e_6 &: (1, 0, 0, z_3). \end{aligned} \quad (9)$$

Напомним, что рассматриваются 7-мерные алгебры, а значит, в базисе алгебры есть еще одно поле, вид которого необходимо выяснить. Различия в упомянутых выше семи алгебрах состоят именно в разных коммутационных соотношениях, связанных с этим полем. Работу алгоритма рассмотрим на примере алгебры $[7, [6, 21], 1, 2]$ из [6], у которой помимо коммутационных соотношений (8) есть еще и следующие

$$\begin{aligned} [e_1, e_7] &= 2e_1, [e_2, e_7] = e_2, [e_3, e_7] = 2e_3, \\ [e_4, e_7] &= e_4, [e_5, e_7] = 2e_5. \end{aligned} \quad (10)$$

Для начала зафиксируем, что коммутационные соотношения алгебр в пакете символьной математики представляются в виде трехмерного массива (подробнее в [7]). Далее используя эти коммутационные соотношения считаем коммутаторы поля e_7 с выпрямленными и «частично выпрямленным» полями. Делаем это с помощью, реализованной в пакете символьной математики процедуры FindLastField, которая в свою очередь использует три других реализованных процедуры:

- Bracket – вычисление коммутатора двух полей;
- BracketOfAlg – вычисление всех коммутаторов алгебры векторных полей;
- BracketOfTable – получение значений коммутаторов полей согласно таблицы коммутационных соотношений.

Отметим, что последняя процедура помогает узнать то, как должен выглядеть результат вычисления скобки двух полей, а вторая процедура – это фактический результат вычисления скобки. Сравнивая эти результаты, получаем систему из 16 дифференциальных уравнений, решив которые, получаем практически конечный вид поля e_7 . Для рассматриваемого примера результатом работы программы является следующее поле

$$e_7 = (A_7, z_2 + B_7, 2z_3 + C_7, C_7 z_1 + 2z_4 + D_7). \quad (11)$$

Также стоит заметить, что не всегда работа программы будет выдавать корректный результат. На данном этапе исследований имеются определенные условия, без которых гарантировать точность и корректность вычислений не представляется возможным. Однако продолжают улучшаться код и проработка различных сценариев, которые помогут минимизировать количество используемых на данном этапе условий.

Заключение

Сложная, на первый взгляд, задача по компьютеризации математических вычислений в проблеме поиска однородных вещественных гиперповерхностей в пространствах достаточно больших размерностей оказывается реализуемой с помощью пакетов символьной математики. Трудоемкие вычисления в рамках задачи переносятся в программный код и существенно облегчают работу в исследовании.

Полученные продвижения в задаче дополняют в более сложных случаях проведенные ранее исследования. В целом это существенно облегчает решение чисто математической задач в части рутинных вычислений и приближает их возможный перенос в пакеты символьной математики.

Список литературы

1. Cartan E. Sur la géométrie pseudoconforme des hypersurfaces de l'espace de deux variables complexes // Ann. Math. Pura. Appl. – 1993. – 11. – P. 17-90.
2. Лобода А.В. Голоморфно однородные вещественные гиперповерхности в S^3 // Тр. ММО. – 2020. – 81(2). – С. 205-280.
3. Крутских В.В. Компьютерные алгоритмы реализации 7-мерных алгебр Ли / В.В. Крутских, А.В. Лобода // Сбор. трудов Межд. науч. конф. АППМИМ. – 2023. – С. 464-470.
4. Loboda A.V. On the Orbits of Nilpotent 7-dimensional Lie Algebras in 4-dimensional Complex Space / A.V. Loboda, R.S. Akopyan, V.V. Krutskikh // J. Sib. Fed. Univ. Math. Phys. – 2020. – 13(3). – P. 360-372.
5. Атанов А.В. Разложимые пятимерные алгебры Ли в задаче о голоморфной однородности в S^3 / А.В. Атанов, А.В. Лобода // Итоги науки и техн. Сер. Современ. мат. и ее прил. – 2019. – 173. – С. 86-115.
6. Parry A.R. A classification of real indecomposable solvable Lie algebras of small dimension with codimension one nilradicals [master's thesis] / Logan, Utah. — Utah State University. — 2007. — 225 p.
7. Крутских, В. В. Компьютерная обработка данных в одной многомерной математической задаче / В. В. Крутских, А. В. Лобода // Материалы XXI международной научно-методической конференции “Информатика: проблемы, методология, технологии”. – Воронеж. – 2021. – С. 411-419.

Моделирование фильтрации газа в пористой среде с учетом массообмена через боковые границы области

Н.М. Курбонов, email: nozim_kurbonov@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий имени
Мухаммада аль-Хоразмий

***Аннотация.** Предметом представленного в статье исследования является разработка многомерной математической модели процесса фильтрации газа в пористой среде с учетом перетока флюида через границы рассматриваемой области, а также численного алгоритма решения поставленной задачи.*

***Ключевые слова:** математическая модель, численный метод, фильтрация, газ, пористая среда, скважина, проницаемость, вязкость.*

Введение

Обеспечение потребности реального сектора экономики в топливно-энергетических ресурсах неизбежно требует увеличения эффективности процессов добычи и переработки углеводородов.

В этом контексте необходимо проведение комплексных научных исследований, вовлекающих современные достижения в области математического моделирования и информационных технологий. В связи с особенностями процессов, происходящих в пластовых пористых средах, наиболее оптимальным средством их изучения являются методы математического моделирования в виде моделей, алгоритмов и программных продуктов.

По этой причине усилия многочисленных исследователей по всему миру направлены на решение проблем математического моделирования сложных и нестационарных процессов фильтрации флюидов в пористых средах пластов.

1. Постановка задачи

Для более точного описания процесса фильтрации газа в пористых средах, определения основных параметров, применяемых при проектировании нефтегазовых месторождений, а также для принятия управленческих решений, была создана трехмерная математическая модель. Эта модель описывается соответствующим уравнением [1, 2, 4, 7, 8, 12, 25]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{K}{\mu} b \rho \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{K}{\mu} b \rho \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{K_z}{\mu} b \rho \frac{\partial P}{\partial z} \right) = \frac{\partial}{\partial t} (m \rho) \tilde{b} - F_Q, \quad (1)$$

где

$$F_Q = \frac{\rho Q P_{at}}{P \Delta z \Delta x \Delta y} \cdot \frac{2\mu}{b \cdot K} \delta(x, y, z),$$

$$\delta(x, y, z) = \begin{cases} 1 & \text{если } (x, y, z) \in \gamma_v; \\ 0 & \text{если } (x, y, z) \notin \gamma_v. \end{cases}$$

Здесь Q – объемный расход (при атмосферном давлении) на скважинах, P – давление; P_{at} – атмосферное давление; ρ – плотность, b – мощность пласта; \tilde{b} – среднее значение мощности в сеточном квадрате; $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ – шаги по координатам x, y и z соответственно; m – пористость пласта; K, μ – соответственно, коэффициент фильтрации и вязкости газа; $K_z = f(m, g)$; c – некоторая постоянная величина для приведения в размерность; γ_v – множество точек области G , в которых могут присутствовать скважины.

Примем, что газ идеальный и $\rho = const \cdot P$. Тогда получаем

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{K}{\mu} b P \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{K}{\mu} b P \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{K_z}{\mu} b P \frac{\partial P}{\partial z} \right) = \frac{\partial}{\partial t} (m P) \tilde{b} - F_q. \quad (1)$$

Выражение (2) применимо для любого закона фильтрации и для любой зависимости ρ от P .

Если в (2) все коэффициенты постоянные $K = K_z = \mu = b = m = const$, то

$$\frac{\partial^2 P^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P^2}{\partial z^2} = \frac{2m\mu}{K} \frac{\partial P}{\partial t} - \frac{Q P_{at}}{\Delta x \Delta y \Delta z} \cdot \frac{2\mu}{b \cdot K} \delta(x, y, z) \quad (2)$$

с соответствующими условиями:

$$P(x, y, z, t)|_{t=0} = P_0; \quad \oint \frac{K}{\mu} b \cdot \frac{\partial P}{\partial n} ds = c Q_v; \quad (3)$$

$$KP \frac{\partial P}{\partial x} \Big|_{x=0} = -\eta(P_{at} - P); \quad KP \frac{\partial P}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \eta(P_{at} - P); \quad (4)$$

$$KP \frac{\partial P}{\partial y} \Big|_{y=0} = -\eta(P_{at} - P); \quad KP \frac{\partial P}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \eta(P_{at} - P); \quad (5)$$

$$KP \frac{\partial P}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0; \quad KP \frac{\partial P}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = 0. \quad (6)$$

2. Метод решения

Из (3)-(7) видно, что задача описывается нелинейным дифференциальным уравнением в частных производных, с соответствующими внутренними и краевыми условиями. Что усложняет получение аналитического решения.

Применяя конечно-разностную аппроксимацию к данной задаче, мы в конечном итоге формируем систему алгебраических уравнений. Решение этой системы методом прогонки позволяет определить искомые параметры объекта, а также допустимые диапазоны их изменения как по времени, так и по пространственным переменным.

Исходя из вышеизложенного, для интегрирования (3)-(7), область G покрывается равномерной сеткой по пространственным координатам и времени [1-25].

Заменяем (3) его конечно-разностным аналогом, используя схему продольно-поперечного направления по Ox [1-13,25]:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{1}{2\tilde{P}_{i,j,k}} \frac{(P^2)_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - (P^2)_{i,j,k}^n}{\Delta t / 3} + \frac{1}{2} \frac{1}{2\tilde{P}_{i+1,j,k}} \frac{(P^2)_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - (P^2)_{i+1,j,k}^n}{\Delta t / 3} = \\ & = \frac{1}{\Delta x^2} \left((P^2)_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - 2(P^2)_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + (P^2)_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} \right) + \\ & + \frac{1}{\Delta y^2} \left((P^2)_{i,j+1,k}^n - 2(P^2)_{i,j,k}^n + (P^2)_{i,j-1,k}^n \right) + \\ & + \frac{1}{\Delta z^2} \left((P^2)_{i,j,k+1}^n - 2(P^2)_{i,j,k}^n + (P^2)_{i,j,k-1}^n \right) + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k} \Delta x \Delta y \Delta z}. \end{aligned} \quad (7)$$

С помощью $P^2 = 2P \cdot \tilde{P} - (\tilde{P})^2$, осуществляем линеаризацию и преобразуем (8) к следующему виду:

$$\begin{aligned}
& \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k} P_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - \left(\frac{4}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i,j,k} + \frac{3}{2\Delta t} \right) P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \\
& + \left(\frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k} - \frac{3}{2\Delta t} \right) P_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = \\
& = - \left(\left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{4}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j,k} - \frac{4}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k} \right) P_{i,j,k}^n + \frac{3}{2\Delta t} P_{i+1,j,k}^n + \right. \\
& + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k} P_{i,j-1,k}^n + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k} P_{i,j+1,k}^n + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1} P_{i,j,k-1}^n + \\
& + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1} P_{i,j,k+1}^n + \left. \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right) \tilde{P}_{i,j,k}^2 - \right. \\
& \left. \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k}^2 - \right. \\
& \left. - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1}^2 + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k}\Delta x\Delta y\Delta z} \right). \tag{8}
\end{aligned}$$

затем, группируя схожие члены (9), приводим его к системе алгебраических уравнений:

$$a_{i,j,k} P_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - b_{i,j,k} P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + c_{i,j,k} P_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = -d_{i,j,k}, \tag{9}$$

где

$$\begin{aligned}
a_{i,j,k} &= \frac{2}{\Delta x^2}; \quad b_{i,j,k} = \frac{4}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i,j,k} + \frac{3}{2\Delta t}; \\
c_{i,j,k} &= \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k} - \frac{3}{2\Delta t}; \\
d_{i,j,k} &= \left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{4}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j,k} - \frac{4}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k} \right) P_{i,j,k}^n + \frac{3}{2\Delta t} P_{i+1,j,k}^n + \\
& + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k} P_{i,j-1,k}^n + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k} P_{i,j+1,k}^n - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k}^2 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1} P_{i,j,k-1}^n + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1} P_{i,j,k+1}^n + \\
& + \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right) \tilde{P}_{i,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k}^2 - \\
& - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j+1,k}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1}^2 + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k}\Delta x\Delta y\Delta z}.
\end{aligned}$$

Для направлений Oy и Oz повторяем приведённые выше действия аналогично для уравнений (3) и получим [1-13,25]:

по Oy :

$$\bar{a}_{i,j,k} P_{i,j-1,k}^{n+\frac{2}{3}} - \bar{b}_{i,j,k} P_{i,j,k}^{n+\frac{2}{3}} + \bar{c}_{i,j,k} P_{i,j+1,k}^{n+\frac{2}{3}} = -\bar{d}_{i,j,k}, \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned}
\bar{a}_{i,j,k} &= \frac{2}{\Delta y^2}; \quad \bar{b}_{i,j,k} = \frac{4}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j,k} + \frac{3}{2\Delta t}; \\
\bar{c}_{i,j,k} &= \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k} - \frac{3}{2\Delta t}; \\
\bar{d}_{i,j,k} &= \left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{4}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i,j,k} \right) P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k} P_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \\
& + \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k} P_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \frac{3}{2\Delta t} P_{i,j+1,k}^{n+\frac{1}{3}} - \frac{4}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k} P_{i,j,k}^n + \\
& + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1} P_{i,j,k-1}^n + \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1} P_{i,j,k+1}^n + \\
& + \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right) \tilde{P}_{i,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k}^2 - \\
& - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1}^2 - \\
& - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1}^2 + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k}\Delta x\Delta y\Delta z};
\end{aligned}$$

по Oz :

$$\bar{\bar{a}}_{i,j,k} P_{i,j,k-1}^{n+1} - \bar{\bar{b}}_{i,j,k} P_{i,j,k}^{n+1} + \bar{\bar{c}}_{i,j,k} P_{i,j,k+1}^{n+1} = -\bar{\bar{d}}_{i,j,k}, \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned}
\bar{a}_{i,j,k} &= \frac{2}{\Delta z^2}; \quad \bar{b}_{i,j,k} = \frac{4}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k} + \frac{3}{2\Delta t}; \\
\bar{c}_{i,j,k} &= \frac{2}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1} - \frac{3}{2\Delta t}; \\
\bar{d}_{i,j,k} &= \left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{4}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j,k} \right) P_{i,j,k}^{n+\frac{2}{3}} - \frac{4}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i,j,k} P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k} P_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \\
&+ \frac{2}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k} P_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k} P_{i,j-1,k}^{n+\frac{2}{3}} + \frac{2}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k} P_{i,j+1,k}^{n+\frac{2}{3}} + \\
&+ \frac{3}{2\Delta t} P_{i,j,k+1}^{n+\frac{2}{3}} + \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right) \tilde{P}_{i,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i-1,j,k}^2 - \frac{1}{\Delta x^2} \tilde{P}_{i+1,j,k}^2 - \\
&- \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j-1,k}^2 - \frac{1}{\Delta y^2} \tilde{P}_{i,j+1,k}^2 - \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k-1}^2 - \\
&- \frac{1}{\Delta z^2} \tilde{P}_{i,j,k+1}^2 + \frac{\delta(x,y,z)Q}{6\tilde{P}_{i,j,k}\Delta x\Delta y\Delta z}.
\end{aligned}$$

Решение (10), (11) и (12) проводятся методом прогонки:

по Ox

$$P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = \alpha_i P_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \beta_i; \quad i = \overline{1, N_x - 1}, \quad (12)$$

по Oy

$$P_{i,j,k}^{n+\frac{2}{3}} = \bar{\alpha}_j P_{i,j+1,k}^{n+\frac{2}{3}} + \bar{\beta}_j; \quad j = \overline{1, N_y - 1}, \quad (13)$$

по Oz

$$P_{i,j,k}^{n+1} = \bar{\bar{\alpha}}_k P_{i,j,k+1}^{n+1} + \bar{\bar{\beta}}_k; \quad k = \overline{1, N_z - 1}. \quad (14)$$

Для получения $\alpha_i, \beta_i, \bar{\alpha}_j, \bar{\beta}_j$ и $\bar{\bar{\alpha}}_k, \bar{\bar{\beta}}_k$ соответственно в (13), (14) и (15) заменяем i на $i-1$, j на $j-1$, k на $k-1$, и получаем

$$\begin{aligned}
P_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} &= \alpha_{i-1} P_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \beta_{i-1}; \quad P_{i,j-1,k}^{n+\frac{2}{3}} = \bar{\alpha}_{j-1} P_{i,j,k}^{n+\frac{2}{3}} + \bar{\beta}_{j-1}; \\
P_{i,j,k-1}^{n+1} &= \bar{\bar{\alpha}}_{k-1} P_{i,j,k}^{n+1} + \bar{\bar{\beta}}_{k-1},
\end{aligned}$$

где $\alpha_i, \beta_i, \bar{\alpha}_j, \bar{\beta}_j, \bar{\bar{\alpha}}_k, \bar{\bar{\beta}}_k$ - неизвестные.

Подставляем последние, соответственно в (10), (11) и (12) и после некоторых преобразований получаем формулы для вычисления коэффициентов прогонки по направлениям Ox , Oy , Oz :

$$\alpha_i = \frac{a_i}{b_i - c_i \alpha_{i-1}}, \quad \beta_i = \frac{c_i \beta_{i-1} + d_i}{b_i - c_i \alpha_{i-1}}; \quad (15)$$

$$\bar{\alpha}_j = \frac{\bar{a}_j}{\bar{b}_j - \bar{c}_j \bar{\alpha}_{j-1}}, \quad \bar{\beta}_j = \frac{\bar{c}_j \bar{\beta}_{j-1} + \bar{d}_j}{\bar{b}_j - \bar{c}_j \bar{\alpha}_{j-1}}; \quad (16)$$

$$\bar{\bar{\alpha}}_k = \frac{\bar{\bar{a}}_k}{\bar{\bar{b}}_k - \bar{\bar{c}}_k \bar{\bar{\alpha}}_{k-1}}, \quad \bar{\bar{\beta}}_k = \frac{\bar{\bar{c}}_k \bar{\bar{\beta}}_{k-1} + \bar{\bar{d}}_k}{\bar{\bar{b}}_k - \bar{\bar{c}}_k \bar{\bar{\alpha}}_{k-1}}. \quad (17)$$

В (16)-(18) необходимо для начала вычислений найти α_0 и β_0 , которые определяем из граничных условий. Сходимости итерационного процесса проверяется по следующему условию:

$$\left| (P_{i,j,k}^n)^{(s+1)} - (P_{i,j,k}^n)^{(s)} \right| \leq \varepsilon,$$

здесь ε - заданная величина (10^{-4}).

3. Заключение

Предложенный математический инструмент был воплощен в виде программного обеспечения, которое может успешно использоваться для анализа и прогнозирования изменений параметров разработки газовых месторождений (таких как коэффициенты проницаемости, пористости, мощности пласта, коэффициенты нефтегазоотдачи, вязкости и другие), учитывая различные воздействия на продуктивные пласты.

Список литературы

1. Kurbonov, N. 3D model and numerical algorithm for gas filtration in porous media / N. Kurbonov // *Mathematical Modeling and Computing*. – 2022. – Vol. 9, No. 3. – P. 637-646. – DOI: 10.23939/mmc2022.03.637.
2. Kurbonov, N. Computer Simulation of Three-Dimensional Gas Filtration Process in Porous Media / N. Kurbonov // *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*. – 2021. – P. 1-5. – DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670250.
3. Ravshanov N. Computational experiment for analysis of main parameters of the gas filtration process in porous medium / N. Ravshanov, N.M. Kurbonov // *American Journal of Mathematical and Computational Sciences*. – 2016. – № 1(1). – PP. 29-36.

4. Ravshanov, N. Numerical simulation of gas filtration in a porous medium / N. Ravshanov, N.M. Kurbonov // Information technology modeling and management. – Voronezh, 2016. – № 1 (97). – P. 34-45.
5. Sadullaev, R. Mathematical model and numerical algorithm for gas filtration in porous media / R. Sadullaev, N. Ravshanov, N.M. Kurbonov // Bulletin of Tashkent State Technical University. – Tashkent, 2011. – № 3-4. – P. 3-8.
6. Курбонов, Н.М. Компьютерная модель для исследования процесса фильтрации газа в пористых средах / Н.М. Курбонов // Узбекский журнал : Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2018. – № 3. – С. 20-29.
7. Kurbonov, N. Numerical solution of the problem of gas filtration in porous media by the method of coordinate splitting / N. Kurbonov, K. Ibragimova // Journal of Mathematical and Computational Science. – 2021. – Vol. 11, Issue 6. – P. 7269-7286. – DOI: 10.28919/jmcs/5984.
8. Курбонов, Н.М. Численное моделирование задачи фильтрации газа в пористых средах методом координатного расщепления / Н.М. Курбонов // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2021. – №5(35). – С. 71-85.
9. Курбонов, Н.М. Численный алгоритм решения фильтрации газа в пористых средах методом физического расщепления / Н.М. Курбонов // Узбекский журнал : Проблемы информатики и энергетики. – 2013. – № 1-2. – С. 26-31.
10. Kurbonov, N. Mathematical modeling of the problem of gas filtration in porous media by the method of coordinate splitting / N. Kurbonov, K. Ibragimova // Theoretical & Applied Science. – 2021. – № 3(95). – P. 395-400.
11. Parallel computing algorithm for solving the problem of mass transfer in porous medium / N. Ravshanov, N. Mamatov, N. Kurbonov, D. Akhmedov // European Applied Sciences. – 2013. – № 3. – P. 40-42.
12. Курбонов, Н.М. Трехмерная модель и эффективный алгоритм параллельного вычисления задачи фильтрации газа в пористых средах / Н.М. Курбонов, К.А. Ибрагимова // Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж, – 2021. – № 2(124). – С. 96-106.
13. Kurbonov, N.M. Parallel computational algorithm for solving gas filtration problems in porous media / N.M. Kurbonov, K.A. Ibragimova // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 6, Issue 12. – P. 12129-12134.
14. 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. – 1650042 [10 pages].

15. Kurbonov, N. Computer modeling of filtration processes with piston extrusion / N. Kurbonov, S. Aminov // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1441. – P. 012147. – DOI: 10.1088/1742-6596/1441/1/012147.

16. 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. – DOI: 10.30534/ijatcse/2020/232952020.

17. 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.

18. Курбонов, Н.М. Численное моделирование процесса фильтрации жидкостей и газа в пористой среде / Н.М. Курбонов, С.М. Аминов // Информационные технологии моделирования и управления. – 2019. – № 3(117). – С. 196-206.

19. Ravshanov, N. The Model and Numerical Algorithm, to Research the Filtration processes in porous media taking into account the phase transitions of multicomponent mixtures / N. Ravshanov, B. Abilkasimov, N. Kurbonov // European researcher. – 2012. – № 1(16). – P. 5-11.

20. Курбонов, Н.М. Алгоритм оптимальной добычи газа из пластовых систем / Н.М. Курбонов // Отраслевые аспекты технических наук. – 2013. – № 10(34). – С. 15-19.

21. Kurbonov, N.M. Computer modeling of the process of oil and gas fields development / N.M. Kurbonov // Researches of technical sciences. – 2015. – № 2(16). – P. 20-26.

22. 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. – 2016. – №1(3). – P. 13-22.

23. Курбонов, Н.М. Математическая модель и программа расчёта для процессов проектирования и разработки углеводородных месторождений / Н.М. Курбонов // Вестник ТУИТ. – 2014. – №4. – С. 56-61.

24. Курбонов, Н.М. Модель и вычислительный эксперимент для исследования процесса фильтрации многокомпонентных смесей в пористых средах / Н.М. Курбонов // Узбекский журнал : Проблемы информатики и энергетики. – 2014. – № 3-4. – С. 55-61.

25. Курбонов, Н.М. Математическая модель и параллельный алгоритм для решения задачи фильтрации газа в пористых средах / Н.М. Курбонов // Информатика: проблемы, методология, технологии : Материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, 15 – 17 февраля 2023 г. – Воронеж, 2023. – С. 302-306.

Об алгоритмах описания однородных подмногообразий многомерных пространств

А. В. Лобода, email: lobvgasu@yandex.ru^{1,2}

А. В. Аганов, email: atanov.cs@gmail.com³

П. Е. Албуткина, email: polina.albutkina2021@gmail.com³

¹ Воронежский государственный технический университет

² Московский центр фундаментальной и прикладной математики МГУ
им. М. В. Ломоносова

³ Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Обсуждается алгоритмическая составляющая серии работ авторов, посвященных изучению однородных вещественных гиперповерхностей четырехмерного комплексного пространства. С помощью компьютерных алгоритмов и символьных вычислений 7-мерные алгебры Ли, отвечающие таким объектам, выделяются из огромного семейства абстрактных 7-мерных алгебр Ли. Итоговая совокупность поверхностей общего положения оказывается вполне обзримой.*

***Ключевые слова:** голоморфно однородная гиперповерхность, алгебра Ли, алгоритм.*

Введение

Однородные множества, допускающие транзитивные действия на них (непрерывных) локальных групп Ли, являются важными объектами современной математики. При этом группы Ли даже небольшой размерности имеют достаточно сложное устройство. Использование алгебр Ли в качестве касательных моделей групп Ли существенно упрощает изучение свойства однородности. Однако чрезмерно большое количество алгебр Ли, потенциально имеющих отношение к различным задачам с непрерывными симметриями, требует алгоритмизации решения таких задач в целом и отдельных этапов их изучения (см., например, [1]).

Случай однородных вещественных гиперповерхностей пространства \mathbb{C}^4 естественно приводит к рассмотрению вещественных алгебр Ли размерности 7. Наши обсуждения связаны с работой [2], содержащей описание 594 типов 7-мерных алгебр Ли, имеющих 6-мерные нильрадикалы. В работе [3] показано, что лишь незначительная часть алгебр из [2] допускает невырожденные по Леви орбиты в \mathbb{C}^4 .

В настоящей статье обсуждается алгоритмическая сторона работы [3], идеи которой могут быть применены для изучения других (в т.ч., еще более обширных) списков алгебр Ли. Мы не затрагиваем трубчатые однородные гиперповерхности (которые могут изучаться в рамках других алгоритмов). В итоге список алгебр Ли из [2], допускающих Леви-невырожденные нетрубчатые гиперповерхности в качестве своих орбит в \mathbb{C}^4 оказывается вполне обозримым. Применение компьютерных алгоритмов и символьных вычислений (в частности, при интегрировании изучаемых алгебр Ли) позволяет представить уравнениями в координатной форме практически все такие гиперповерхности.

Отметим, что в своей простейшей формулировке задача описания голоморфно однородных вещественных гиперповерхностей (пространства \mathbb{C}^2) была поставлена и решена Э. Картаном в [4].

1. Нильпотентные и абелевы подалгебры 7-мерных алгебр Ли

Важную роль в обсуждаемой задаче играет существование у рассматриваемых алгебр Ли подалгебр с различными свойствами. Так, из табличных представлений 7-мерных алгебр в [2] легко проверяется наличие у каждой из них 6-мерной нильпотентной подалгебры. Рассмотрим, например, таблицу коммутационных соотношений для алгебры [7, [6,21], 1,1] из [2].

Таблица

Коммутационные соотношения для алгебры [7,[6,21],1,1]

	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7
e_1							$(2a+1)e_1$
e_2				e_1			$(a+1)e_2$
e_3						e_1	$2ae_3$
e_4						e_2	ae_4
e_5						e_3	$(2a-1)e_5$
e_6							e_6
e_7							

Первые шесть базисных элементов e_1, \dots, e_6 этой 7-мерной алгебры образуют, как легко видеть, базис 6-мерной (нильпотентной) подалгебры, т.к. при любых $1 \leq j, k \leq 6$ коммутатор $[e_j, e_k]$ разлагается с привлечением лишь этих же 6 элементов исходной алгебры. Отметим,

что у этой 7-мерной алгебры имеются две различные абелевы подалгебры (со свойством $[a, b] = 0$ для любых двух элементов a, b):

$$I_4 = \langle e_1, e_2, e_3, e_5 \rangle \text{ и } I'_4 = \langle e_1, e_3, e_4, e_5 \rangle \quad (1)$$

У многих алгебр из списка [2] имеются 5-мерные и даже 6-мерные абелевы подалгебры. Максимальная размерность абелевой подалгебры является значимой характеристикой 7-мерной алгебры. В связи с этим аспирантом Крутских В. В. была разработана компьютерная программа (см. [5]) выявления абелевых подалгебр (и абелевых идеалов) и определения их максимальной размерности. Программа реализована на списках [2] и [6].

Замечание 1. Список алгебр в работе [6] представлен не в табличной, а в закодированной форме. В связи с этим программным образом реализован (см. [5]) перевод 188 алгебр из [6] в табличную форму.

Предложение 1 ([7]). Если вещественная 7-мерная алгебра Ли имеет 5- мерную абелеву подалгебру, то любая орбита в пространстве \mathbb{C}^4 такой алгебры вырождена по Леви.

Как отмечалось выше, мы интересуемся в данной статье только Леви – невырожденными поверхностями. Напомним также, что мы не рассматриваем т.н. трубчатые поверхности пространства \mathbb{C}^4 . Любая такая поверхность может быть описана уравнением

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0, \quad (2)$$

содержащим только вещественные части $x_k = \operatorname{Re} z_k$ ($k = 1, \dots, 4$) комплексных переменных пространства \mathbb{C}^4 . Изучение свойства однородности для таких поверхностей возможно другими методами.

С учетом предложения 1 и утверждения о трубчатости любой орбиты в \mathbb{C}^4 7-мерной алгебры Ли, содержащей три абелевых подалгебры размерности 4 (см. [7]), область для поиска интересующих нас однородных поверхностей существенно сужается. Так, из 594 типов алгебр Ли работы [2] нас теперь интересуют лишь 104 таких типа. К ним относятся:

- 66 типов алгебр, содержащих две абелевых 4-мерных подалгебры;
- 33 типа, содержащих единственную 4-мерную абелеву подалгебру;
- 5 типов, содержащих только 3-мерные абелевы подалгебры.

Предлагаемая нами схема изучения невырожденных орбит этих 104 типов алгебр учитывает количество абелевых подалгебр максимальной

размерности и саму эту размерность. В то же время общей для всех типов является пошаговая структура алгоритма.

Так, на первом шаге изучается возможность реализации абстрактной алгебры Ли из [2] в виде алгебры голоморфных векторных полей в \mathbb{C}^4 . При наличии таких реализаций на втором шаге они интегрируются. Оба названных шага являются весьма трудоемкими, естественно искать упрощения каждого из них и возможности их компьютерного осуществления. В связи с этим в рамках первого шага выделим:

- этап 1.1: реализация в \mathbb{C}^4 элементов 6-мерной нильпотентной подалгебры;
- этап 1.2: (при успешном осуществлении этапа 1.1): реализация поля e_7 , дополнительного к 6-мерной подалгебре.

Отметим, что для конкретной алгебры первый шаг схемы может оказаться нереализуемым как на этапе 1.1, так и на этапе 1.2. Результативность алгоритма мы проиллюстрируем в следующих двух разделах статьи.

2. Реализации алгебр, содержащих две 4-мерные абелевы подалгебры

Отметим, что 66 типов обсуждаемых в этом разделе алгебр имеют в качестве нильрадикалов 6-мерные подалгебры лишь 10 типов. Это описанные в [2] алгебры

$$\begin{aligned} & [6,1], [6,13], [618], [6,21], [6,22], [6,23], \\ & [6,24], [6,26]; [6,9], [6,25]. \end{aligned} \tag{3}$$

Уточним, что 9 из 10 типов 6-мерных алгебр списка (3) рассмотрены в [3]. На момент представления этой работы в печать семь алгебр Ли с 6-мерной подалгеброй [6,21] ошибочно считались имеющими единственную 4-мерную алгебру (в действительности у каждой из них имеется две абелевых подалгебры I_4 и I'_4 из формулы (1). Исправляя эту неточность, мы приведем здесь описание всех реализаций в \mathbb{C}^4 алгебр семейства [7, [6,21], 1, k] ($k = 1, \dots, 7$).

Предложение 2. Пусть 7-мерная алгебра голоморфных векторных полей в \mathbb{C}^4 имеет не сводимую к трубкам невырожденную по Леви 7-мерную орбиту и содержит в качестве нильрадикала 6-мерную подалгебру со структурой [6,21]. Тогда после некоторой голоморфной замены координат базис этой подалгебры имеет вид

$$e_1 = (0, 0, 0, 1), \quad e_2 = (0, 1, 0, 0), \quad e_3 = (0, 0, 1, 0), \tag{4}$$

$$e_4 = (0, -z_4 + B_4, C_4, z_2 + C_4 z_1),$$

$$e_5 = \left(0, 0, -z_1 + C_5, -\frac{1}{2} z_1^2 + C_5 z_1 + D_5\right), \quad e_6 = (1, 0, 0, z_3)$$

с некоторыми комплексными константами B_k, C_k, D_k .

Доказательство этого утверждения получается по схеме, изложенной в [3]. Любая алгебра из обсуждаемого семейства имеет две 4-мерные абелевы подалгебры I_4 и I'_4 из формулы (1) с 3-мерным пересечением $\langle e_1, e_3, e_5 \rangle$. В такой ситуации, согласно [3], упорядоченная четверка векторных полей e_1, e_3, e_5, e_2 , касательных к невырожденной нетрубчатой гиперповерхности M пространства \mathbb{C}^4 , может быть приведена заменой координат к виду

$$e_1 = (0, 0, 0, 1), \quad e_2 = (0, 1, 0, 0), \quad e_3 = (0, 0, 1, 0),$$

$$e_5 = (0, 0, c_5(z_1), d_5(z_1)) \quad (5)$$

с некоторыми голоморфными функциями $c_5(z_1), d_5(z_1)$.

Далее, используя коммутационные соотношения в 6-мерной алгебре [6,21] и упрощенный вид полей (5), можно упростить два оставшихся базисных поля e_4, e_6 алгебры [6,21]. Например, из соотношений $[e_1, e_6] = [e_2, e_6] = 0, \quad [e_3, e_6] = e_1$ следует, что $e_6 = (a_6(z_1), b_6(z_1), c_6(z_1), z_3 + d_6(z_1))$ с некоторыми голоморфными функциями $a_6(z_1), \dots, d_6(z_1)$. А из условия

$$e_3 = [e_5, e_6] = (0, 0, -a_6 c'_5 - a_6 d'_5 + c_5) = (0, 0, 1, 0)$$

получаем неравенство $a_6(z_1) \neq 0$. Применение леммы «о линейризации» (см. [3]) к полю e_6 позволяет тогда считать его имеющим (после некоторой голоморфной замены) упрощенный вид $e_6 = (1, 0, 0, z_3)$.

Рассмотрение коммутационных соотношений поля e_4 с пятью упрощенными полями обеспечивает теперь требуемый в предложении 2 вид e_4 и завершает доказательство предложения 2.

Рассмотрение коммутаторов гипотетического векторного поля e_7 с набором полей (4) представляет собой этап 1.2 для каждой из алгебр $[7, [6,21], 1, k]$ при $k = 1, \dots, 7$.

Предложение 3. Реализации этих алгебр в \mathbb{C}^4 , имеющие невырожденные нетрубчатые орбиты, возможны лишь при $k = 1, 3, 7$.

При этом поля e_1, e_2, e_3 определяются (в подходящих координатах) формулами (4), а формулы для e_4, e_5, e_6, e_7 имеют следующий вид:

при $k = 1$:

$$e_4 = (0, -z_1, C_4, z_2 + C_4 z_1), \quad e_5 = \left(0, 0, -z_1, -\frac{1}{2} z_1^2\right), \quad e_6 = (1, 0, 0, z_3), \quad (6)$$

$$e_7 = (z_1, (m+1)z_2 + B_7, 2mz_3 + C_7, (2m+1)z_4 + C_7 z_1 + D_7);$$

при $k = 3$:

$$e_4 = (0, -z_1, C_4, z_2 + C_4 z_1), \quad e_5 = \left(0, 0, -z_1, -\frac{1}{2} z_1^2\right),$$

$$e_6 = (1, 0, 0, z_3 + D_6), \quad (7)$$

$$e_7 = \left(z_1, 2z_2, 2z_3 - \frac{\varepsilon}{2} z_1^2, 3z_4 - \frac{\varepsilon}{3} z_1^3 + C_7 z_1 + D_7\right);$$

при $k = 7$:

$$e_4 = (0, -z_1, 0, z_2 + D_4), \quad e_5 = \left(0, 0, -z_1, -\frac{1}{2} z_1^2\right),$$

$$e_6 = (1, 0, 0, z_3 + D_6), \quad (8)$$

$$e_7 = \left(z_1, 2z_2 + \frac{1}{2} z_1^2, z_2 + 2z_3 - \frac{m}{2} z_1^2, 3z_4 - \frac{m}{3} z_1^3 + D_7 z_1\right).$$

Везде в этих формулах заглавные латинские буквы означают произвольные (комплексные) константы; $m \in \mathbb{R}$, $\varepsilon = \pm 1$ – параметры исходных семейств алгебр.

Доказательство этого предложения является по сути вычислительным и использует лишь коммутационные соотношения в обсуждаемых алгебрах и допущение о существовании у них невырожденных орбит в \mathbb{C}^4 . Рассмотрим, например, алгебру $[7, [6, 21], 1, 2]$, отличающуюся от алгебры из таблицы лишь последним столбцом. Для этой алгебры шесть коммутационных соотношений с участием поля e_7 имеют вид

$$[e_1, e_7] = 2e_1, [e_2, e_7] = e_2, [e_3, e_7] = 2e_3, \quad (9)$$

$$[e_4, e_7] = e_4, [e_5, e_7] = 2e_5, [e_6, e_7] = 0.$$

Коммутаторы $[e_j, e_7]$ ($j = 1, 2, 3, 6$) из этих соотношений позволяют записать поле e_7 в упрощенном виде:

$$e_7 = (A_7, z_2 + B_7, 2z_3 + C_7, 2z_4 + C_7 z_1 + D_7) \quad (10)$$

с некоторыми комплексными константами A_7, B_7, C_7, D_7 . Тогда вторая компонента равенства $[e_4, e_7] = e_4$ принимает вид

$$(-z_1 + B_4) + A_7 = (-z_1 + B_4).$$

Отсюда следует, что $A_7 = 0$, и тогда у шести базисных полей обсуждаемой алгебры (см. формулы (5) и (10)) первые компоненты равны нулю. Для полей, касательных к невырожденной орбите, это невозможно (см. [7]), следовательно, алгебра $[7, [6, 21], 1, 2]$ не допускает требуемых реализаций.

Замечание 2. Невозможность таких реализаций для алгебр $[7, [6, 21], 1, k]$ при $k = 4, 5, 6$ устанавливается аналогично. В то же время случаи $k = 1, 3, 7$ приводят к формулам (6)-(8). В соответствии коммутационных соотношений в этих алгебрах таблицам из [2] можно убедиться непосредственной проверкой (в ручном режиме или с помощью компьютерных (символьных) вычислений).

3. Интегрирование ранее полученных реализаций

В работе [3] рассмотрены 7-мерные алгебры Ли, имеющие по две 4-мерные абелевы подалгебры и 6-мерные нильрадикалы следующих типов:

$$[6, 1], [6, 13], [6, 18], [6, 22], [6, 23], [6, 24], [6, 26]. \quad (11)$$

Представлен также список реализаций нескольких типов таких 7-мерных алгебр в \mathbb{C}^4 . В данном разделе обсуждаются результаты интегрирования девяти таких типов алгебр, претендующих на наличие невырожденных нетрубчатых орбит. Эти результаты получены в рамках выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра Албуткиной П. Е.

Предложение 4. Все невырожденные орбиты в \mathbb{C}^4 7-мерных алгебр Ли четырех типов $[7, [6, 18], 1, 1]$, $[7, [6, 24], 1, 2]$, $[7, [6, 24], 1, 4]$ и $[7, [6, 24], 1, 5]$ голоморфно эквивалентны трубчатым многообразиям. Любая невырожденная нетрубчатая орбита 7-мерной алгебры, имеющей 6-мерный нильрадикал одного из типов (11), описывается с точностью до голоморфных замен координат одним из следующих уравнений:

$$[7, [6, 1], 1, 1]:$$

$$y_4 = 2y_1 y_2 + (x_1^4 - 2x_1^2 y_1^2) + \frac{2}{y_1} (2y_3 - x_1^2 y_2) +$$

$$+\frac{2}{y_1^2}+Q\left(x_1y_2-\frac{2}{3}x_1^3y_1\right)+Ry_1^4;$$

[7, [6,13],1,1]:

$$y_4 = x_1y_3 + \frac{1}{3}x_1y_2(3x_1^2 - y_1^2) - By_1^7 - \frac{1}{2}\frac{y_2^2}{y_1} + \frac{5}{36}x_1^2y_1(-3x_1^4 + 3x_1^2y_1^2 - y_1^4);$$

[7,[6,22],1,1]:

$$y_4 = \frac{B}{3}y_1y_2 + \frac{AB}{3}x_1(x_1^2 - y_1^2) + \frac{B^2}{6}x_1^2y_1 + Cy_1^3 - \frac{1}{y_1}\left(\frac{B^2}{4}x_1^4 + Bx_1^2y_2 + By_3 + \frac{1}{2}y_2^2\right);$$

[7, [6,23],1,1]:

$$y_4 = By_1^4 - 2x_1y_1y_2 + 2y_1y_3 - y_2^2;$$

[7, [6,26],1,1]:

$$y_4 = y_1y_3 + x_1y_1y_2 \pm \frac{y_2^2}{y_1} + By_1^5.$$

Доказательство предложения 4 получается пошаговым интегрированием системы уравнений в частных производных, отвечающих базисным полям каждой изучаемой алгебры. Напомним (см. [3]), что условие касания голоморфным векторным полем

$$X = a(z)\frac{\partial}{\partial z_1} + b(z)\frac{\partial}{\partial z_2} + c(z)\frac{\partial}{\partial z_3} + d(z)\frac{\partial}{\partial z_4}$$

вещественной гиперповерхности $M \subset \mathbb{C}^4$ имеет вид

$$\operatorname{Re}\left(X(\Phi)\Big|_M\right) = 0. \quad (12)$$

Здесь Φ – определяющая функция поверхности $M = \{\Phi(z, \bar{z}) = 0\}$, которая находится из решения системы семи уравнений по известным базисным полям. При этом наличие в каждой реализации обсуждаемых алгебр тройки «выпрямленных» полей (например, e_1, e_2, e_4 для алгебры [7,[6,1],1,1]) означает независимость искомым функций Φ от переменных $x_4 = \operatorname{Re} z_4$, $x_3 = \operatorname{Re} z_3$, $x_2 = \operatorname{Re} z_2$.

Таким образом, каждая система содержит, по существу, лишь четыре, а не семь уравнений. Например, рассмотрим четверку нетривиальных векторных полей

$$\begin{aligned} e_3 &= (0, 0, -z_1, D_3), \quad e_5 = \left(0, -z_1, z_2, -\frac{1}{2}D_3z_1^2 \right), \\ e_6 &= (1, z_1^2, -z_1z_2, D_3z_2), \quad e_7 = (z_1, 3z_2, 5z_3, 4z_4) \end{aligned} \quad (13)$$

из реализации в [3] семейства алгебр [7, [6,1],1,1] (для сравнения см. пример 1 из [3, раздел 5]).

Этим полям соответствует система:

$$\begin{aligned} e_3 : \quad & -y_1 \frac{\partial \Phi}{\partial y_3} + D_{32} \frac{\partial \Phi}{\partial y_4} = 0, \\ e_5 : \quad & -y_1 \frac{\partial \Phi}{\partial y_2} + y_2 \frac{\partial \Phi}{\partial y_3} - \frac{1}{2} \left(D_{32} (x_1^2 - y_1^2) + 2D_{31}x_1y_1 \right) \frac{\partial \Phi}{\partial y_4} = 0, \\ e_6 : \quad & \frac{\partial \Phi}{\partial x_1} + 2x_1y_1 \frac{\partial \Phi}{\partial y_2} - (x_1y_2 + x_2y_1) \frac{\partial \Phi}{\partial y_3} + \\ & + (D_{32}x_2 + D_{31}y_2) \frac{\partial \Phi}{\partial y_4} = 0, \\ e_7 : \quad & x_1 \frac{\partial \Phi}{\partial x_1} + y_1 \frac{\partial \Phi}{\partial y_1} + 3y_2 \frac{\partial \Phi}{\partial y_2} + 5y_3 \frac{\partial \Phi}{\partial y_3} + 4y_4 \frac{\partial \Phi}{\partial y_4} = 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Решением этой системы является при любых значениях вещественных параметров D_{31}, D_{32} ($D_3 = D_{31} + iD_{32}$) функция от пяти переменных x_1, y_1, y_2, y_3, y_4 из соответствующего пункта предложения 4.

Аналогично получаются утверждения об интегрировании остальных реализаций из этого предложения.

Отметим еще, что важным моментом пошагового интегрирования получаемых систем является порядок, в котором рассматриваются отдельные уравнения. Так, для системы (14) продуктивным является порядок, при котором сначала рассматривается 5-е, затем 3-е, 6-е и 7-е уравнения. Другие порядки не гарантируют получение итогового решения системы.

Замечание 3. По сравнению с формулой (5.6) из [3] в уравнении орбиты из п. [7,[6,1],1,1] предложения 4 присутствует дополнительный вещественный параметр Q . При $Q=0$ это уравнение превращается в рассмотренный в [3] пример.

Замечание 4. В пакете Maple имеется команда `pdsolve`, позволяющая находить решения систем дифференциальных уравнений с частными производными. Однако ее применение не гарантирует получения полного набора решений (см., например, [8]). Поэтому результаты, вынесенные в предложение 4, получены в рамках смешанной компьютерно-ручной реализации соответствующей части общего алгоритма, обсуждаемого в статье.

4. Об орбитах алгебр с единственной 4-мерной абелевой подалгеброй

Отметим некоторые особенности применения описанного выше алгоритма в рассматриваемом случае, включающем в себя 33 типа алгебр со следующими кодами 6-мерных нильрадикалов из [2]:

$$[6,11], [6,14], [6,17], [6,19], [6,20], [6,27], [6,28]. \quad (15)$$

Для каждой абстрактной 7-мерной алгебры с одним из таких нильрадикалов приходится обсуждать не один, а два варианта «частичного» выпрямления базиса 4-мерной подалгебры. Например, для алгебр с нильрадикалами $[6,11]$, $[6,14]$, $[6,19]$ и $[6,20]$ с абелевой подалгеброй $I_4 = \langle e_1, e_2, e_3, e_4 \rangle$ требуется рассматривать следующие два варианта базисных полей.

Вариант 1:

$$e_1 = (0, 0, 0, 1), \quad e_2 = (0, 0, 1, 0), \quad e_3 = (0, 1, 0, 0), \\ e_4 = (0, b_4(z_1), c_4(z_1), d_4(z_1)).$$

Вариант 2:

$$e_1 = (0, 0, 0, 1), \quad e_2 = (0, 0, 1, 0), \quad e_3 = (0, 0, c_3(z_1), d_3(z_1)), \quad e_4 = (0, 1, 0, 0).$$

Простейший вариант выпрямления всей базисной четверки

$$e_1 = (0, 0, 0, 1), \quad e_2 = (0, 0, 1, 0), \quad e_3 = (0, 1, 0, 0), \quad e_4 = (1, 0, 0, 0)$$

соответствует трубчатым орбитам, поэтому, как и в предыдущих разделах, не обсуждается.

В отличие от случая двух 4-мерных абелевых подалгебр, не для всех 6-мерных алгебр из списка (15) возможны реализации их 7-мерных продолжений с невырожденными орбитами.

Предложение 5. У семейств алгебр $[6,11]$ и $[6,17]$ нет ни одной невырожденной нетрубчатой орбиты.

Доказательство этого предложения строится по тому же алгоритму, который обсуждался в предыдущих разделах. Выписанные варианты 2 и 3 базисных полей несовместимы с нетривиальными коммутационными соотношениями 6-мерной алгебры $[6,11]$:

$$[e_3, e_5] = e_1, [e_4, e_5] = e_2, [e_2, e_6] = e_1,$$

$$[e_3, e_6] = e_2, [e_4, e_6] = e_3, [e_5, e_6] = e_4.$$

Для пяти 7-мерных алгебр с нильрадикалом [6,17] приходится использовать второй этап первого шага алгоритма (для обоих вариантов 2 и 3), тогда как реализация в \mathbb{C}^4 самой алгебры [6,17] вполне возможна.

Количество невырожденных орбит в \mathbb{C}^4 у 7-мерных алгебр Ли из обсуждаемого случая оказывается существенно бóльшим, чем в случае двух четырёхмерных абелевых подалгебр. Интегрирование полученных реализаций с помощью системы символьной математики Maple позволило найти 29 различных семейств однородных невырожденных гиперповерхностей в \mathbb{C}^4 .

Часть полученных примеров легко сводится к трубчатым гиперповерхностям – например, единственная найденная орбита алгебры [7,[6,14],1,1]

$$y_4 = Ay_1^5 + y_1^2 y_3 - \frac{9}{2} \frac{y_3^2}{y_1} + x_1 y_2$$

сводится к трубке с помощью замены переменных

$$z_2^* = iz_2, z_4^* = z_4 - z_1 z_2.$$

Тем не менее, большинство из полученных гиперповерхностей, по-видимому, неэквивалентны трубчатым многообразиям, что, однако, требует дополнительной проверки.

Уточним, что 15 из упомянутых 29 семейств имеют нильрадикал [6,28], а остальные 14 семейств являются орбитами продолжений четырех шестимерных алгебр [6,14], [6,19], [6,20], [6,27]. В качестве примера однородной нетрубчатой гиперповерхности, полученной с помощью рассмотренного алгоритма, приведём гиперповерхность, найденную при построении голоморфной реализации алгебры [7,[6,27],1,5] (A_1, A_2, C – вещественные параметры):

$$y_4 = Ce^{y_2} + A_1 y_1^2 + A_2 y_1^2 y_2 + x_1 y_1 y_2 + y_1 y_3.$$

Заключение

Математическая задача описания однородных гиперповерхностей 4-мерного комплексного пространства, обладающих естественными свойствами общности положения, изучена в статье с помощью компьютерных алгоритмов и символьных вычислений. Из семейства, содержащего 594 типа алгебр Ли, выделены, реализованы в \mathbb{C}^4 и проинтегрированы в рамках этих алгоритмов несколько подсемейств,

составляющих практически полный класс объектов, обозначенный в постановке задачи.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (грант № 23-21-00109).

Список литературы

1. A Gröbner-bases algorithm for the computation of the cohomology of Lie (super) algebras / J. Merker [et al.] // *Advances in Applied Clifford Algebras*. – 2012. – № 22. P. 911-937.
2. Parry, A. R. A Classification of Real Indecomposable Solvable Lie Algebras of Small Dimension with Codimension One Nilradicals / A. R. Parry // Master of Science thesis. — Utah State University, 2007. – 225 p.
3. Лобода, А. В. О 7-мерных алгебрах Ли, допускающих Левиневырожденные орбиты в S^4 / А. В. Лобода // *Труды Московского математического общества*. – 2023. – Т. 84, вып. 2. – С. 27-52.
4. Cartan, E. Sur la géométrie pseudoconforme des hypersurfaces de deux variables complexes / E. Cartan // *Ann. Math. Pura Appl.* – 1933. – V. 11, № 1. – P.17-90.
5. Крутских, В. В. Компьютерные алгоритмы исследования голоморфно однородных гиперповерхностей / В. В. Крутских, А. В. Лобода // *Уфимская осенняя математическая школа – 2022. Материалы международной научной конференции*. – Уфа, 2022. – С. 124-126.
6. Le, V. A. Classification of 7-Dimensional Solvable Lie Algebras Having 5-Dimensional Nilradicals / V. A. Le [et al.] // *Communications in Algebra*. – 2023. – V. 51, № 5. – P. 1866-1885.
7. Atanov, A. V. On Degenerate Orbits of Real Lie Algebras in Multidimensional Complex Spaces / A.V. Atanov, A.V. Loboda // *Russian Journal of Mathematical Physics*. – 2023. – V. 30, № 4. – P. 1-11.
8. Акимова, Е. В. Компьютерные алгоритмы интегрирования матричных алгебр Ли / Е. В. Акимова, А. В. Лобода // *Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2015. – Вып. 9. – С. 3-8.*

Разработка конструкции и системы управления сверхманевренного конвертоплана

Д. В. Лопаткин, email: dimkaao@mail.ru
В. Г. Бондарев, И. Р. Кабиров, Д. Е. Титов, М. А. Чернышов

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

***Аннотация.** В данной статье предложено рассмотреть поэтапный процесс разработки конструкции и системы управления сверхманевренного конвертоплана. Продемонстрированы основные этапы, при соблюдении которых достигается реализация повышенной маневренности беспилотного летательного аппарата.*

***Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, конвертоплан, сверхманевренный конвертоплан, профиль крыла, разработка конвертоплана.*

Введение

С каждым днем актуальность развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и комплексов, в которых они используются, растет с такой скоростью, что уже невозможно остановить.

В числе стран занимающейся развитием данной сферы стоит и Россия. В рамках разработки новых БПЛА, имеющих преимущества, в сравнении, с летательными аппаратами (ЛА) зарубежных стран на данный момент отработано множество научных работ, в том числе и научно-исследовательских работ, которые позволили выявить большое количество факторов, влияющих на возможности воздушного судна при осуществлении полета. Так, например, необходимость в создании сверхманевренного БПЛА, способного размещать на своем борту большую полезную нагрузку с минимальными требованиями к количеству энергетического ресурса является сложной задачей, реализация которой способна обеспечить достаточно трудоемкие задачи, которые предстоит выполнять в различных условиях [1].

Задача создания БПЛА высокой маневренности, в настоящее время, достигается в большинстве случаев, за счет минимизации массогабаритных параметров самого ЛА и его энергетического ресурса. Такое достижение маневренности не имеет высокой реализации. В зависимости от решаемых задач, необходимо использование

особенностей конкретного вида БПЛА, а также применяемых на нем элементов.

По способу создания подъемной силы, БПЛА подразделяют на следующие виды:

- самолетного типа;
- вертолетного типа;
- ЛА легче воздуха;
- конвертопланного типа.

Рассмотрим лишь один из типов, который исходя из своих отличий, на наш взгляд, является наиболее перспективный. Конвертопланый тип – это такой тип БПЛА, который способен совмещает в себе тип самолетного и вертолетного ЛА, сочетая преимущества каждого из них, а также обладающий возможностью перехода между данными типами на определенных этапах полета. Особенностью данного БПЛА является экономическое использование энергетического ресурса, за счет применения планирующей формы ЛА и набегающего потока воздуха. Такой тип БПЛА позволит выполнить задачу с меньшим расходом энергии на больших расстояниях.

Основными решаемыми задачами БПЛА типа конвертоплан является:

- фото- и видеосъемка объектов и местности;
- мониторинг окружающей обстановки вблизи важных государственных объектов;
- поиск пропавших людей;
- оценка уровней пожаров и других явлений природного и техногенного характера.

В соответствии с обозначенными задачами производится проектирование специализированного конвертоплана, который в определенных видах задач будет иметь наибольшую эффективность применения.

Этапы разработки конструкции сверхманевренного конвертоплана

Необходимость создания сверхманевренного конвертоплана заключается в потребности снизить время, предназначенное для преодоления в минимально короткие сроки большие расстояния и сложные участки местности, среди которых можно выделить постройки сложных форм, разрушенные строения и нестандартные виды ландшафта, который не позволяет использовать ранее созданные ЛА с необходимой эффективностью.

Алгоритм разработки сверхманевренного конвертоплана представляет собой процедуру поэтапной работы, включающий в себя следующие этапы:

1. Расчет массы полезной нагрузки на основе решения предполагаемых задач.
2. Определение внешнего облика и аэродинамического коэффициента конвертоплана.
3. Проведение расчета аэродинамических характеристик.
4. Проектировка размещения бортового оборудования и полезной нагрузки.
5. Задание алгоритмического обеспечения в систему управления.
6. Определение величины потребной силы тяги двигателей.

Далее предлагается рассмотреть представленные этапы подробнее.

Первый этап расчета взлетной массы является наиболее важным, так как от него будет зависеть дальнейшая конструкция, размеры потребной силовой установки и компоновка бортового оборудования. В зависимости от поставленных задач, для их решения необходимо использование различной полезной нагрузки, так, например, если рассмотреть фото-/видеосъемку и поиск пропавших людей в работе органов МЧС, то тогда необходимо осуществить подбор фотоаппаратуры, размещение которой предполагается на борту с соответствующими вычислителями.

Второй этап включает в себя определение внешнего вида конвертоплана, а также последующие расчеты аэродинамического коэффициента, влияющего на скорость и маневренность ЛА при различных внешних воздействиях [2].

Огромную роль в достижении поставленных задач перед БПЛА имеет конструкция, которая включает в себя профиль крыла и фюзеляжа, обеспечивающих потребную подъемную силу для взлета в воздух ЛА с полезной нагрузкой, а также вместительность и грузоподъемность для элементов бортового оборудования и энергетического ресурса.

Произведя анализ уже существующих моделей летательных аппаратов, можно отметить то, что двухпрофильная конструкция в форме летающее крыло, по сравнению с другими, является наиболее перспективной. Это связано с тем, что, наличие разных профилей крыла и фюзеляжа, создает возможность для решения задач, в которых один профиль превосходит другой по аэродинамическим качествам. Так, например, предлагается рассмотреть конструкцию, имеющую большой профиль фюзеляжа, в связи с чем появляется возможность размещения бортового оборудования, энергетического ресурса и полезной нагрузки различного назначения, а маленький профиль крыла, в свою очередь - создавать большую подъемную силу для взлета БПЛА, сохраняя при

этом минимальное лобовое сопротивление набегающего воздушного потока.

Конструктивным решением задач повышение аэродинамического качества и эффективное использование корпуса для размещения в нем полезной нагрузки является использование ЛА в совокупности двух профилей, которые предоставляют возможность взаимокompенсировать те параметры, которые несут в себе каждый из профилей, один из которых обладает высоким коэффициентом подъемной силы, а второй оптимальный с точки зрения внутренне-габаритного размера [3].

Третий этап разработки сверхманевренного конвертоплана заключается в проведении исследования выбранных профилей, с использованием программного обеспечения, предназначенного для соответствующего анализа.

На данном этапе отлично подходит использование математического и программного моделирования, с целью минимизации физического труда, на проведение натурных экспериментов с последующей доработкой механизмов и узлов сборки, а также произвести анализ надежности конструкции и в целом БпЛА на воздействие воздушного потока. Результаты, получаемые при проведении исследований профиля крыла, изображены на рисунке 1.

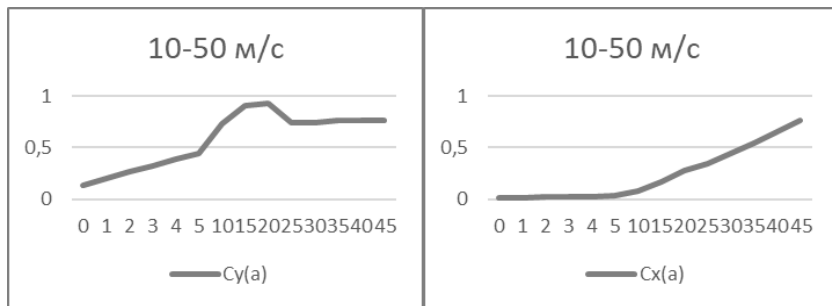


Рис. 1. Изменение аэродинамических коэффициентов при различных углах атаки

На рис. 1 за $C_y(a)$ обозначен аэродинамический коэффициент подъемной силы в зависимости от исследуемого угла атаки, $C_x(a)$ – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления, возникающего в соответствии с формой ЛА при воздействии набегающего потока воздуха при различных углах атаки, $mz(a)$ – аэродинамический коэффициент момента вращения, в поперечной оси плоскости самолета при исследуемых углах атаки.

В следующем по очереди, четвертом этапе главенствующим является использование наиболее плотной схемы размещения бортового оборудования, полезной нагрузки и энергетического ресурса, с наибольшей эффективностью применения. Однако, стоит учесть тот факт, что элементы, напрямую зависящие от магнитных полей и радиоволн (такие как GPS, магнитный компас) должны располагаться на достаточном удалении от других металлизированных элементов, с целью минимизации величины отклонения возникающих внешними факторами [4].

Пятый этап представляет собой работу по внедрению разработанного алгоритмического обеспечения в систему управления БПЛА, которое включает в себя следующие виды уравнений сил и моментов:

- вызываемых парами двигатель-винт;
- для режима взлет-посадка-висение;
- для режима разбег-торможение;
- для режима по-самолетному.

Перечисленные режимы, включающие в себя уравнения сил и моментов, позволяют создать связанную с механическими элементами электрической схемы управления конвертоплана систему, по которой обеспечивается движение БПЛА на всем протяжении полета.

Для исследования алгоритма обеспечения системы управления БПЛА было проведено математическое моделирование в среде имитационного моделирования программной среды MATLAB ee приложения Simulink [5].

Заключительный, шестой этап разработки сверхманевренного конвертоплана включает в себя расчет силовой установки, ключевым элементом которой является двигатель, заставляющий БПЛА находиться в воздухе. Расчет сводится к вычислению необходимой подъемной силы тяги двигателей при определенной взлетной массе. Использование электрических двигателей позволяет создать малый по массогабаритным параметрам ЛА, однако питание электрического двигателя от аккумулятора является большой проблемой, размер аккумуляторов в соответствии с предполагаемой взлетной массой не позволяет осуществлять длительный полет, а также заметна их чувствительность к погодным условиям, перегрев и переохлаждение которых приводит к полному выходу из строя. Использование двигателей внутреннего сгорания, а также реактивных и турбореактивных двигателей влечет за собой необходимость создания крупных летательных аппаратов, размеры которых не позволяют создать их сверхманевренными при малых расстояниях и высотах полета.

В связи со всеми подробно описанными этапами создания, можно сделать вывод о том, что реализация сверхманевренного БПЛА является достаточно трудным процессом, который значительно упрощается, за счет применения математического и программного моделирования.

С целью повышения маневренности конвертоплана, предлагается реализовать в конструкции управления силовой установки механизм изменения бокового движения, который представлен на рисунке 2.

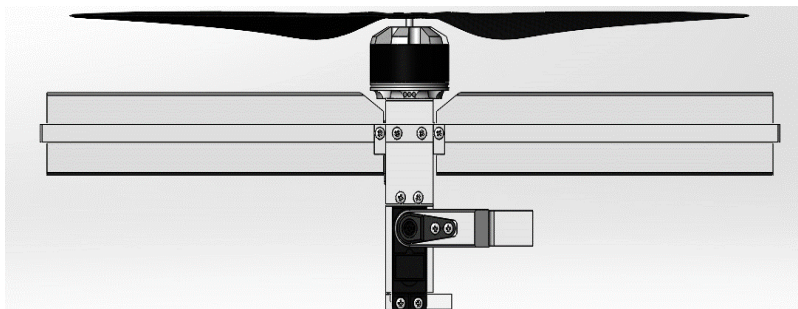


Рис. 2. Механизм изменения бокового движения конвертоплана

Представленный механизм осуществляет поворот вращающихся створок в соответствии с заданным направлением движения при помощи одноосного синхронного сервопривода. Главной отличительной особенностью данного механизма, в отличие от рулевых поверхностей, имеющих на аналогичных БПЛА, является появление управляемого бокового канала при полете по вертолетному типу, так как поток воздуха, отбираемый от винта двигателей всегда будет воздействовать на данные створки, отталкиваясь от которых происходит изменение положение ЛА. В полете же по самолетному типу, данный механизм будет использоваться как руль направления и осуществлять поворот в заданную точку быстро и точно.

Заключение

Создание сверхманевренного конвертоплана является достаточно сложной задачей с огромной актуальностью, ведь при использовании полного потенциала данного БПЛА, повышается возможность выполнения поставленных задач в различной обстановке за минимальное количество времени с высокой точностью.

Список литературы

1. Верба В. С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов БЛА. Монография. М.: Радиотехника, 2016. – 512 с.
2. Павленко Е. Ф. Самолёты вертикального взлёта и посадки / Военное издательство Министерства обороны СССР, = Москва, 1966. – С. 160 – 240.
3. Никулин Е. А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем/ Учеб. Пособие для вузов – СПб.: БЧВ-Петербург, 2004. – 460 с.
4. Бондарев, В. Г. Навигационные возможности оптико-электронных средств / В. Г. Бондарев, Д. В. Лопаткин, Е. В. Озеров // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского. – 2016. – № 4. – С. 123-129.
5. Якушенов Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учебник – М.: Логос, 2012. – 568 с.

Модели приведения атмосферного давления к уровню моря

А. Б. Мартьяшкин: e-mail: martsash@mail.ru

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

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы влияния атмосферного давления на полеты государственной авиации, показаны противоречия в практике применения значений атмосферного давления и неоднозначные требования к использованию информации о нем, представлены модели приведения атмосферного давления к уровню моря, проведена сравнительная характеристика их точности*

***Ключевые слова:** Атмосферное давление, приведение давления к уровню моря*

Введение

Полет воздушного судна (ВС) в атмосфере возможен только при определенном взаимодействии его элементов с окружающей воздушной средой. При расчете параметров полета необходимо рассматривать летательный аппарат и воздушную среду как единую систему, так как аэродинамические силы, сила тяги, расход топлива предельная дальность и высота полета детерминировано зависят от температуры и плотности окружающего воздуха, атмосферного давления и других метеорологических факторов. Особенное значение при обеспечении полетов государственной авиации приобретает правильность измерения атмосферного давления и приведения его к торцу взлетно-посадочной полосы и уровню моря.

1. Правила измерения атмосферного давления и приведения его к различным уровням

Атмосферным давлением на определенном уровне называют силу веса столба воздуха, простирающегося от этого уровня до верхней границы атмосферы. Этот вес, а по сути, атмосферное давление, непрерывно изменяется, так как происходит постоянное перемещение воздушных масс, приводящих, в свою очередь, к изменению их температуры, влажности, плотности и других характеристик. Так на уровне моря атмосферное давление может изменяться в пределах от 850 до 1080 гПа.

Давление воздуха с высотой всегда падает. Поэтому в авиации нашли широкое применение барометрические высотомеры, так как измерив давление за бортом ВС можно представить его высоту.

Существуют несколько вариантов установки давления на барическом высотомере ВС, которые обозначаются QNE, QFE, QNH и $P_{прив.мин.}$.

QNE это стандартное давление, которое равно 760 мм рт. ст. или 1013,25 гПа. Это давление используется при полетах ВС по маршрутам на высотах выше высоты перехода.

Давление на аэродроме обозначается как $P_{аэп}$ (QFE). Это, по сути, давление, приведенное к уровню торца ВПП аэродрома. В России оно используется при взлете и посадке ВС. QFE. Это давление необходимо для высотомера на ВС, так как при его значении показания высотомера должны соответствовать нулю высоты.

Давление аэродрома, приведенное к уровню моря по стандартной атмосфере, обозначается как QNH. Это давление используется в международной аэронавигации при взлете и посадке вместо QFE и в некоторых странах при полете на малых высотах. При установке давления QNH значение на высотомере будет соответствовать высоте над уровнем моря.

Разность между QNH и QFE численно равна превышению аэродрома, выраженному в единицах давления в соответствии со стандартной атмосферой, и является постоянной для каждого аэродрома, не зависящей от фактической температуры, ни от самого давления.

Приведенное минимальное давление $P_{прив.мин.}$ это атмосферное давление на аэродроме, приведенное к среднему уровню моря по реальной атмосфере, используемое при обеспечении полетов государственной авиации Российской Федерации, в международной практике не используется. При выдерживании высоты по $P_{прив.мин.}$ высота полета ВС будет отличаться от высоты, выдерживаемой по QNH. Отличие будет тем больше, чем больше разница между фактической температурой и температурой СА.

Таким образом, имеет место различная практика применения значений атмосферного давления и неоднозначные требования к использованию информации о нем при обеспечении государственной авиации, основанные на различных моделях приведения давления к уровням моря и ВПП.

2. Модели приведения давления к уровню моря

Согласно методическим рекомендациям ГГО им. А.И. Воейкова [1] для приведения давления к уровню моря используется формула (1)

$$P_{ум} = P_z \cdot \left(\frac{T_{vz} + \gamma z}{T_{vz}} \right)^{\frac{g}{R_c \cdot \gamma}} = P_z \left(1 + \frac{\gamma z}{T + \Delta T_v} \right)^{\frac{g}{R_c \cdot \gamma}}, \quad (1)$$

где $P_{ум}$ – атмосферное давление на уровне моря, мбар; P_z – атмосферное давление на высоте станции, мбар; T_{vz} – виртуальная температура на высоте станции, К; ΔT_v – виртуальный добавок на высоте станции, °С; z – высота барометра над уровнем моря, м; γ – вертикальный градиент виртуальной температуры воздуха, принимаемый равным $\pm 0,0065$ оС/м; R_c – газовая постоянная сухого воздуха, равная $287,05 \text{ м}^2/(\text{с}^2 \cdot \text{К})$; g – ускорение свободного падения на станции, $\text{м}/\text{с}^2$.

Согласно ст. 86 Руководства по практическим работам [2] приведение давления к уровню моря или к уровню ВПП производится по формуле (2)

$$P_{ум} = P_{ст} \pm \frac{\Delta H}{\Delta Z}, \quad (2)$$

где $P_{ум}$ – давление на уровне моря в гПа; $P_{ст}$ – давление на уровне станции в гПа; ΔH – превышение (понижение) станции от уровня моря в метрах; ΔZ – барометрическая ступень.

Знак «плюс» берется, если станция находится выше уровня моря, и знак «минус» – если ниже уровня моря.

Барометрическая ступень определяется с помощью выражения, формула (3):

$$\Delta Z = 8000 \frac{1 + \alpha t}{P_{cm}} \quad (3)$$

где t – средняя температура воздуха между нижним и верхним уровнями; α – температурный коэффициент, численно равный $0,0036$; P_{cm} – среднее давление между уровнями (при расчетах принимается давление на станции).

Для вычисления давления, приведенного к уровню ВПП (QFE) и к уровню моря по стандартной атмосфере (QNH), используются формулы, представленные в Руководстве по стандартной атмосфере [3], в Методических указаниях [1], в Руководстве по метеорологическим

инструментам [4], в Руководстве по автоматическим системам метеорологического наблюдения на аэродромах [5]:

$$QFE = P_z \cdot \left(1 + \frac{k \cdot (H_a - H_z)}{T_v} \right)^{\frac{g_0}{k \cdot R}} \quad (4)$$

где $k = -0,0065$ °C/м – (вертикальный градиент температуры воздуха); $g_0 = 9,80665$ м/с² – стандартное ускорение свободного падения Земли; $R = 287,05287$ м²/(с²·К) – газовая постоянная сухого воздуха; H_a – высота над уровнем моря, к которой приводится давление (уровень ВПП); H_z – высота нуля барометра над уровнем моря; P_z – измеренное значение давления, гПа; T_v – виртуальная температура на уровне H_z , К.

$$T_v = T + \frac{0,378 \cdot T \cdot e}{p}, \quad (5)$$

где T – температура воздуха на ВПП, К; e – парциальное давление, рассчитанное по формуле:

$$e = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,62T}{243,12 + T}\right) \cdot \frac{RH}{100}, \quad (6)$$

где RH – относительная влажность воздуха на ВПП, %; T – температура воздуха на ВПП, °C.

$$QNH = 1013,25 \cdot \left(1 - \frac{0,0065 \cdot (H - H_z)}{288,15} \right)^{5,25588}, \quad (7)$$

где H – эквивалент абсолютной высоты в стандартной атмосфере ИКАО:

$$H = 44330,77 - 11880,32 \cdot QFE^{0,190263}, \quad (8)$$

где QFE – давление, приведенное к ВПП аэродрома.

Результаты расчетов приведения давления к уровню моря с использованием рассмотренных подходов сведены в таблицу при температурах воздуха (20 и – 20⁰C) на станции, расположенной на высоте 100 м над уровнем моря.

Заключение

Исходя из того, что температура воздуха учитывается в методике, установленной Руководством по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных сил, полученный с ее помощью результат следует считать наиболее точным.

Методика, рекомендованная ГГО им. А.И. Воейкова, позволяет получить практически идентичные результаты. При использовании Руководства по автоматическим системам метеорологического наблюдения на аэродромах ИКАО учет температуры не производится, что приводит к ошибке приведения давления к уровню моря

Таблица

Приведение давления к уровню моря с использованием различных подходов

Давление на станции, гПа	Температура на станции, °С	Превышение станции над уровнем моря, м	Приведенное давление к УМ, гПа
Методические указания ГГО им. А.И. Воейкова			
1000	20	100	1011,66
1000	- 20	100	1013,51
Руководство по практическим работам			
1000	20	100	1011,66
1000	- 20	100	1013,47
Руководство по автоматическим системам метеорологического наблюдения на аэродромах ИКАО			
1000	20	100	1011,94
1000	- 20	100	1011,94

Список литературы

1. Методические указания по приведению атмосферного давления к уровню моря и вычислению высот изобарических поверхностей на метеорологических станциях / ГГО им. А.И. Воейкова. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 47 с.
2. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации ВС. – М.: Воениздат, 1992. – 488 с.
3. Руководство по стандартной атмосфере ИКАО. (Doc. 7488/3).
4. Руководство по метеорологическим инструментам и методам наблюдений ВМО (WMO № 8).
5. Руководство по автоматическим системам метеорологического наблюдения на аэродромах ИКАО. (Doc. 9837 AN/454).

Модель предварительного прогнозирования метеорологических условий образования опасных явлений погоды

А. Н. Маслобойщиков, email: nikover1395@yandex.ru ¹

Н. А. Веремьев, email: nikover1395@yandex.ru ¹

А. В. Каморников, email: nikover1395@yandex.ru ¹

¹ ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В данной статье представлена модель подсистемы предварительного прогнозирования метеорологических условий влияющих на выполнение задач государственной авиацией, позволяющая повысить качество работы системы штормового предупреждения путем комплексного, поэтапного использования методов и технологий прогноза опасных явлений погоды.

Ключевые слова: опасные явления погоды, штормовое предупреждение, предварительное прогнозирование, метеорологические условия.

Введение

Важнейшей задачей метеорологических подразделений является заблаговременное прогнозирование метеорологических условий (МУ) благоприятных для образования опасных явлений погоды (ОЯП) и дальнейшее доведение до потребителей.

Не полное владение информацией о МУ благоприятных для образования ОЯП может спровоцировать существенное влияние на все виды деятельности. Для обеспечения потребителей в метеорологическом отношении организована система штормового предупреждения (ШП) [1].

1. Модель системы ШП

Разработка модели ШП позволяет детально исследовать ее функционирование, виде подсистем функционально связанными между собой: подсистем предварительного прогнозирования, наблюдений, анализа и прогнозирования.

Подсистема предварительного прогнозирования осуществляет прогноз общего назначения и представляет собой учет МУ на основе

климатических, динамико-стохастических, гидродинамических данных, полученных по расчетным математическим моделям.

Подсистема наблюдений за ОЯП направлена на создание информационной базы об ОЯП с учетом специфики производства наблюдений и обработки метеорологической информации (МИ).

Подсистема анализа информации об ОЯП является одной из ключевых функций системы ШП, которая определяет интенсивность и осуществляет непосредственный мониторинг развития опасного явления.

Подсистема прогнозирования ОЯП предназначена для непосредственного прогнозирования развития ОЯП и ее развитие основано на совершенствовании методов прогнозирования.

Важным направлением в организации системы ШП является использование современных технологий и подходов в производстве метеорологических наблюдений и прогнозировании ОЯП.

Процесс создания модели системы ШП представляет собой несколько последовательных логически связанных этапов с последующим интегрированием системы прогнозирования и предупреждения об ОЯП.

Варианты построения модели системы ШП могут включать в себя использование различных методов прогнозирования (статистические модели, компьютерные симуляции, модели машинного обучения или комбинации этих методов).

Модель позволяет учитывать физико-географические и климатические особенности района исследования, специфику МУ и риски возникновения ОЯП. На рис. 1 представлена функциональная модель системы ШП.



Рис. 1. Функциональная модель системы ШП

Интегрированная система может быть построена с использованием специализированного программного обеспечения, автоматизированных систем сбора и анализа данных, систем мониторинга и связи.

Следовательно, моделирование и построение системы ШП требует комплексного подхода, который включает в себя сбор и анализ данных, разработку математических моделей прогнозирования и создание интегрированной системы ШП, способной достаточно точно предсказать возникновение ОЯП с максимальной заблаговременностью и своевременно информировать об этом потребителя.

В настоящей работе будет рассмотрена подсистема предварительного прогнозирования так как в результате ее работы начинают своё функционирование остальные подсистемы системы ШП.

Работа подсистемы предварительного прогнозирования МУ заключается в анализе полученных результатов от элементов подсистемы, работа которых основана на алгоритмах и моделях прогноза ОЯП.

Алгоритм прогноза климатических условий образования ОЯП основывается на расчете климатической повторяемости по необходимому району по формуле 1:

$$P = m / n, \quad (1)$$

где m – число случаев с данной формой облачности, n – число общего количества случаев.

Алгоритмы динамико-стохастического прогнозирования основаны на определении типа воздушной массы, синоптической ситуации, стратификацию атмосферы для выявления благоприятных условий для образования ОЯП.

Данные условия общеизвестны и являются типовыми для каждого ОЯП. При наличии условий для образования ОЯП спрогнозировать возможность возникновения с помощью численных, статистических и специализированных моделей прогнозирования, к примеру конвективного происхождения.

Для прогнозирования МУ благоприятных для образования ОЯП гидродинамическими методами необходим большой объём начальной МИ на основании которой производятся необходимые расчеты.

Наиболее часто используемыми моделями являются COSMO 5, ARPEGE 11, 40, ICON 7, 13, ECMWF, UKMO-10, GFS 22 и NEMS 23,30 и т.д.

В данной работе разработалась структурно-логическая модель подсистемы предварительного прогнозирования, в которую входят вышеперечисленные элементы. На рис. 2 представлена структурно-логическая модель подсистемы предварительного прогнозирования.



Рис. 2. Структурно-логическая модель подсистемы

Практическое использование предлагаемой модели основывается на поэтапном расчете показателей, перечисленных в элементах подсистемы и сравнении их с критериальными значениями.

За критериальные значения берутся требования, предъявляемые к вероятностным прогнозам по указаниям Всемирной метеорологической организации представленные в табл. 1.

Таблица 1

Критерии оценки вероятностных прогнозов

Критерий	Вероятность возникновения ОЯП
Отсутствие условий для образования ОЯП	$0 \leq 30\%$
Пограничные условия для образования ОЯП	$30 \leq 70\%$
Наличие условий для образования ОЯП	$70 \leq 100\%$
Отсутствие условий для образования ОЯП	$0 \leq 30\%$

2. Работа подсистемы предварительного прогнозирования

Рассмотрим работу подсистемы предварительного прогнозирования МУ благоприятных для образования ОЯП на примере Южного федерального округа (ЮФО).

По данным наземных и аэрологических станций определяется воздушная масса, синоптическая ситуация и стратификация атмосферы. На основании полученных данных оцениваются МУ на предмет возможности возникновения ОЯП. Данный алгоритм основан на построении синоптических карт погоды и аэрологических диаграмм и последующего выявления МУ благоприятных для возникновения ОЯП согласно типовым ситуациям.

По архивным данным рассчитывается климатическая повторяемость ОЯП за период с 2012 по 2022 года по формуле 1, представленная в табл. 2.

Таблица 2

*Климатическая повторяемость ОЯП по территории ЮФО по
месяцам*

№	Вид опасного явления погоды									
	Град	Гроза	Лив. дождь	Лив. снег	Туман	Гололед	Метель	Пыл. буря	Сб	Су ²
1										
2	0	0	170	60	130	10	0	0	150	0
3	0	0	40	0	120	0	0	0	50	0
4	0	0	150	60	30	10	0	0	200	20
5	0	0	60	0	50	0	0	0	110	80
6	0	60	80	0	0	0	0	0	120	130
7	0	150	130	0	0	0	0	0	250	210
8	0	90	120	0	0	0	0	0	270	240
9	0	80	30	0	0	0	0	0	180	180
10	10	70	220	0	40	0	0	0	270	140
11	0	20	110	0	60	0	0	0	130	20
12	0	0	40	0	50	0	0	0	40	0
	0	0	100	70	90	0	0	0	100	0

Анализ табл. 2 показал, что наибольшая климатическая повторяемость наблюдалась у кучево-дождевой облачности в зимний и летний периоды, а в переходные сезоны года климатическая повторяемость была значительно меньше. Наибольшая климатическая повторяемость грозы наблюдается в летний период, а в остальные сезоны года она была минимальна. Климатическая повторяемость ливневого дождя наибольшая была в зимний период, а в летний период года она была минимальна. Климатическая повторяемость остальных опасных явлений погоды была незначительна.

Гидродинамические модели прогнозируют основные параметры атмосферы и зоны с МУ благоприятными для возникновения ОЯП. На рис. 3-4 представлены выходные данные гидродинамических моделей прогноза в виде ансамблевых графиков и зон благоприятных для возникновения ОЯП.

Из анализа рис. 3-4 можно сделать вывод что гидродинамические прогностические модели дают возможность детализировать числовые и географические данные для предварительного прогнозирования МУ благоприятных для возникновения ОЯП с большой заблаговременностью.

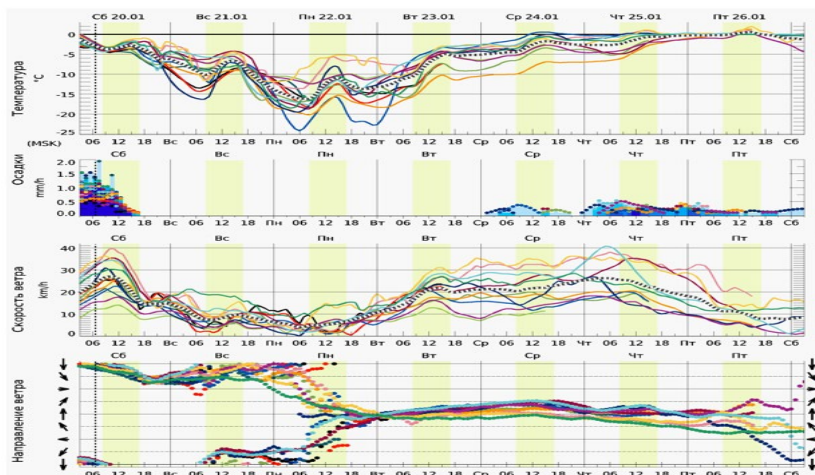


Рис. 3. Графики ансамблевых прогнозов МУ

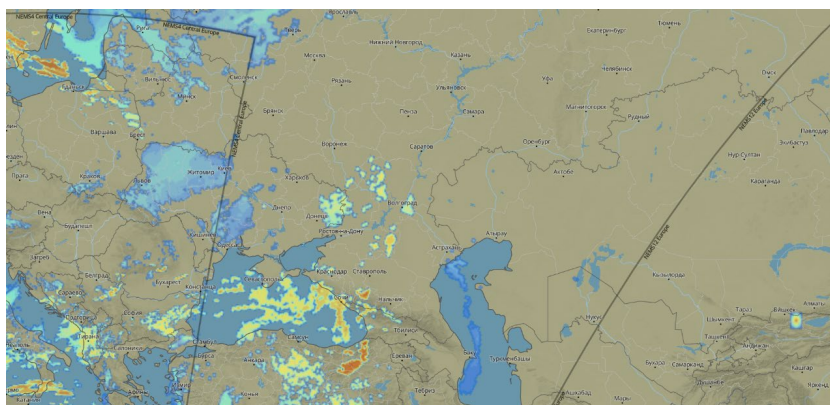


Рис. 4. Прогноз зон МУ благоприятных для возникновения ОЯП

Заключение

Таким образом, модель предварительного прогнозирования МУ образования ОЯП основывается на работе элементов, основанных на алгоритмах прогноза климатических, динамико-стохастических условий и гидродинамических моделях, а также имеет возможность интегрироваться в комплексную систему ШП, обеспечивая надежное

прогнозирование и заблаговременное предупреждение потребителя об возможности возникновения ОЯП.

Список литературы

1. РД 52.04.567.2003. Руководящий документ. Положение о государственной наблюдательной сети – С 5-6.
2. РД 52.88.699-2008. Руководящий документ Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений – С. 4-6.
3. Маслобойщиков, А.Н. Модель оценки качества информации, используемой при гидрометеорологическом обеспечении потребителей / А. Н. Маслобойщиков, Н. А. Веремьев, А. И. Аристов // Проблемы, методы, технологии: сб. материалов XXIII международной научно-практической конф. Под редакцией к.т.н. Борисова Д. Н., (Воронеж, Воронежский государственный университет 15-17 февраля 2023 г.). – Воронеж, 2023. – С. 349-356.
4. Маслобойщиков, А.Н. Оценка объема метеорологической информации / А. Н. Маслобойщиков, Н. А. Веремьев, М. А. Прохоров // Проблемы, методы, технологии: сб. материалов XXII международной научно-практической конф. Под редакцией к.т.н. Борисова Д. Н., (Воронеж, Воронежский государственный университет 10-12 февраля 2022 г.). – Воронеж, 2022. – С. 351-357.
5. Гидрометцентр России [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <https://meteoinfo.ru/>
6. Meteoblue weather close to you [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://www.meteoblue.com/ru/погода/карты/Воронеж_Россия_472045#coords=4/51.67/39.18&map=windAnimation~rainbow~auto~10%20m%20above%20gnd~none
7. Windy Community [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <https://www.windy.com/?51.666,39.170,5>
8. Метеоцентр [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <https://meteocenter.asia/links.php>

Модель цифрового корреляционного приемника

Д. А. Матвеев, e-mail: e-mail: nauchnajarota@yandex.ru

Н. Ю. Шпаковский, А. С. Ткачев, Е. Д. Колосов

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный)

***Аннотация.** В данной работе рассматривается модель цифрового корреляционного приемника радиотехнической системы, а также выявление зависимости работы модели от среднеквадратического отклонения шума и фазы входящего сигнала.*

***Ключевые слова:** Радиотехнические системы, корреляционный приемник, математическая модель.*

Введение

При разработке сложных радиотехнических систем одним из рациональных способов оценки работы является создание математической или компьютерной модели на основе цифрового корреляционного приемника. Данная статья рассматривает пример работы данной модели и определение зависимости произведения опорного и входящего сигналов от увеличения среднеквадратического отклонения фазы и шума входящего сигнала.

1. Принципы моделирования радиоустройства

Под математической моделью понимается формальное описание объекта или явления при помощи математических уравнений, которые могут быть представлены в замкнутой (решенной) или незамкнутой (нерешенной) форме. Соответственно, математическое моделирование – исследование объекта или явления на основе использования математической модели.

В процессе разработки сложных радиотехнических систем (РТС) единственным способом позволяющим оценить качество их функционирования до проведения натуральных испытаний является математическое и компьютерное моделирование. Кроме того, моделирование на этапе проектирования позволяет облегчить синтез и анализ алгоритмов обработки сигналов, реализация которых предполагает использование цифровых вычислительных устройств, а также оптимизировать и отладить алгоритмы (механизмы) управления и внешнего взаимодействия с другими системами.

В нашем случае объектом моделирования является радиотехническая система (РТС) – совокупность технических средств обработки радиосигналов, предназначенная для передачи информации и ее извлечения. Именно использование радиосигналов как носителей информации позволяет выделить радиосистемы из общего количества информационных систем в отдельную категорию. Информационная сущность РТС позволяет выделить следующие типы:

1. РТС передачи информации (системы связи).
2. РТС извлечения информации (радиолокационные системы, радионавигационные системы, системы радиоразведки).
3. РТС разрушения информации (системы радиопротиводействия).

Под математическим моделированием будем понимать процесс установления соответствия реальному объекту некоторой математической модели и исследования, проведенные на этой модели, позволяющие получить новую информацию о реальном объекте. Выбор того или иного метода построения математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта, а также требуемой достоверности и точности решения этой задачи. Выделяют четыре основных этапа моделирования любых объектов или явлений:

Постановка задачи моделирования.

1. Составление математических и компьютерных моделей на ПЭВМ, включающих программирование и отладку моделирующей программы.

2. Проведение намеченных исследований на модели для заданных ситуаций.

3. Обработка и интерпретация полученных результатов моделирования.

РТС имеют следующие особенности, которые необходимо учитывать при формировании их математических моделей:

1. РТС – многомерные системы с большим количеством элементов и сложными функциональными связями между ними;

2. РТС постоянно находятся под воздействием случайных факторов;

3. РТС – быстродействующие системы, в которых сочетается высокая скорость изменения радиосигналов и относительно низкая скорость информационных потоков.

Перечисленные особенности делают задачу моделирования РТС чрезвычайно сложной. Ее решение с достаточной степенью адекватности возможно лишь при использовании современных

цифровых ЭВМ и применении специальных математических методов, уменьшающих вычислительные затраты.

2. Обоснование и создание модели устройства

Корреляционный приемник — это приемник, принцип действия которого основан на перемножении входного сигнала с одним или несколькими опорными сигналами известной формы и измерении функции взаимной корреляции. При этом обычно известны все основные параметры сигнала: частота, длительность и др.

Задача по измерению спектра мощности сигнала или взаимного спектра мощности двух сигналов является одной из основных для приемных устройств, используемых в радиотехнике. С развитием цифровых методов обработки сигналов измерение спектра мощности корреляционным способом становится всё более привлекательным, так как при этом достигается максимальное перекрытие выборок анализируемого сигнала, а значит, и максимальная чувствительность.

3. Разработка математической модели сигнала

Моделирование цифрового корреляционного приемника выполнено в программе пакета прикладных программ (ППП) Mathcad Prime 4.0.

Для проведения исследования была создана модель цифрового корреляционного приемника, включающая в себя входящий сигнал $Y1$ и опорный сигнал Y (см. рис. 1)

$$Y1 := \left(\sum_{k=0}^{99} \sqrt{\sin(\omega \cdot k - \varphi)^2 - \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0 \right)^2} \right)$$

$$Y := \left(\sum_{k=0}^{99} \left(\sin(\omega \cdot k - \varphi) \cdot \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0 \right) \right) \right)$$

Рис. 1. Уравнения входящего и опорного сигналов $Y1$ и Y соответственно

где ω — круговая частота сигнала,

φ — фаза,

k — отсчет дискретного времени,

z — шум.

4. Модель с полностью совпадающими сигналами.

Для начала рассматривается идеальный случай, когда сигналы одинаковы. Для этого задаются одинаковые начальные условия. Так как сигналы равны их разность равна нулю. (см. рис. 2)

```

i:=0..100
xs:=0.0000000000000000000000000000000001
z:=rnorm(1,0,xs)
phi:=1.2
omega:=0.1
Y1:=\left(\sum_{k=0}^{99}\sqrt{\sin(\omega \cdot k - \phi)^2 - \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0\right)^2}\right)      Y1=0
Y:=\left(\sum_{k=0}^{99}\left(\sin(\omega \cdot k - \phi) \cdot \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0\right)\right)\right)      Y=50.944

```

Рис. 2. Работа модели при идеальном случае ($x_s = 0$, $\phi = 1,2$)

5. Модель сигнала с наблюдением сигнала на фоне шума при изменении фазы.

Для генерации логарифмически нормального шума в модели используется встроенная функция MathCad rlnorm.

С добавлением шума и изменением фазы математическая модель сигнала принимает вид согласно рис. 3.

```

xs:=0.2
z:=rnorm(1,0,xs)
phi:=1.6
Y1:=\left(\sum_{k=0}^{99}\sqrt{\sin(\omega \cdot k - \phi)^2 - \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0\right)^2}\right)      Y1=25.352 + 49.075i
Y:=\left(\sum_{k=0}^{99}\left(\sin(\omega \cdot k - \phi) \cdot \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0\right)\right)\right)      Y=49.658

```

Рис. 3. Работа модели при $x_s = 0,2$, $\phi = 1,6$

На рис. 4 величивается среднеквадратическое отклонение (СКО) шума до $x_s=0,4$, фазу входящего сигнала до $\phi=2$, частота неизменна.

$$\begin{aligned}
 &xs := 0.4 \\
 &z := \text{rnorm}(1, 0, xs) \\
 &\varphi := 2 \\
 &Y1 := \left(\sum_{k=0}^{99} \sqrt{\sin(\omega \cdot k - \varphi)^2 - (\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0)^2} \right) \qquad Y1 = 33.191 + 29.553i \\
 &Y := \left(\sum_{k=0}^{99} (\sin(\omega \cdot k - \varphi) \cdot (\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0)) \right) \qquad Y = 37.503
 \end{aligned}$$

Рис. 4. Работа модели при $xs = 0,4$, $\varphi = 2$

На рис. 5 увеличивается среднеквадратическое отклонение (СКО) шума до $xs=0,6$, фазу входящего сигнала до $\varphi=2,4$, частота неизменна.

$$\begin{aligned}
 &xs := 0.6 \\
 &z := \text{rnorm}(1, 0, xs) \\
 &\varphi := 2.4 \\
 &Y1 := \left(\sum_{k=0}^{99} \sqrt{\sin(\omega \cdot k - \varphi)^2 - (\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0)^2} \right) \qquad Y1 = 32.502 + 57.675i \\
 &Y := \left(\sum_{k=0}^{99} (\sin(\omega \cdot k - \varphi) \cdot (\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0)) \right) \qquad Y = 14.518
 \end{aligned}$$

Рис. 5. Работа модели при $xs = 0,6$, $\varphi = 2,4$

На рис. 6 увеличивается среднеквадратическое отклонение (СКО) шума до $xs=0,8$, фазу входящего сигнала до $\varphi=2,8$, частота неизменна.

$$\begin{aligned}
 &xs := 0.8 \\
 &z := \text{rnorm}(1, 0, xs) \\
 &\varphi := 2.8 \\
 &Y1 := \left(\sum_{k=0}^{99} \sqrt{\sin(\omega \cdot k - \varphi)^2 - (\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0)^2} \right) \qquad Y1 = 34.64 + 42.888i \\
 &Y := \left(\sum_{k=0}^{99} (\sin(\omega \cdot k - \varphi) \cdot (\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0)) \right) \qquad Y = 10.773
 \end{aligned}$$

Рис. 6. Работа модели при $xs = 0,8$, $\varphi = 2,8$

На рис. 7 увеличивается среднеквадратическое отклонение (СКО) шума до $xs=1$, фазу входящего сигнала до $\varphi=3,2$, частота неизменна.

$xs := 1$	
$z := \text{rnorm}(1, 0, xs)$	
$\varphi := 3.2$	
$Y1 := \left(\sum_{k=0}^{99} \sqrt{\sin(\omega \cdot k - \varphi)^2 - \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0 \right)^2} \right)$	$Y1 = 23.218 + 67.383i$
$Y := \left(\sum_{k=0}^{99} \left(\sin(\omega \cdot k - \varphi) \cdot \left(\sin(0.10 \cdot k - 1.2) + (z)_0 \right) \right) \right)$	$Y = 0.839$

Рис. 7. Работа модели при $xs = 1$, $\varphi = 3,2$

С увеличением среднеквадратического отклонения (СКО) шума и фазы входящего сигнала уменьшается сумма произведения двух сигналов.

6. Анализ результатов и выводы

Полученная математическая модель цифрового корреляционного приемника позволяет проследить уменьшение суммы произведения двух сигналов с увеличением среднеквадратического отклонения (СКО) шума и фазы входящего сигнала.

В таблице, приведенной на рис. 8 приведена вся информация о ходе эксперимента.

xs	φ	$Y1$	Y
0	1.2	0	50.944
0.2	1.6	25.352 + 49.075i	49.658
0.4	2	33.191 + 29.553i	37.503
0.6	2.4	32.502 + 57.675i	14.518
0.8	2.8	34.64 + 42.888i	10.773
1	3.2	23.218 + 67.383i	0.839

Рис. 8. Таблица с результатами работы модели

Список литературы

1. Панферов, А.И. Применение Mathcad в инженерных расчетах: учеб.пособие/А.И.Панферов и др.; М-во образования и науки

Рос.Федерации, ГОУ ВПО С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения – Санкт-Петербург, 2004. – 88 с.: ил.

2. Данилов, С.Н. Прикладные программные средства моделирования радиотехнических устройств [электронное издание, мультимедиа]: учебное пособие/ С.Н. Данилов; Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ» – Тамбов, 2018. – 112 с.: ил.

3. Монаков А.А. Основы математического моделирования радиотехнических систем [электронное издание, мультимедиа]: учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2005. – 100с.: ил.

Анализ применения искусственного интеллекта в диагностировании и резервировании информационно-преобразующих элементов бортового оборудования воздушных судов[©]

С. А. Миронов, email: born979777@gmail.com

А. С. Букирёв, email: bukirev@inbox.ru

А. Ю. Савченко, email: savaau@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** В данной работе рассматривается анализ применяемых методов диагностирования и резервирования информационно-преобразующих элементов бортового оборудования воздушных судов, а также возможность применения искусственных нейронных сетей, способных решать задачи диагностирования и резервирования.*

***Ключевые слова:** искусственные нейронные сети, диагностика, резервирование, мультиплексный канал информационного обмена.*

Введение

Современные методы и способы ведения вооруженных конфликтов требуют высокого потенциала вооружения и военной техники и заставляют идти ее в ногу со временем. В настоящее время значительно выросла многофункциональность авиационной техники (АТ), ее тактико-технические характеристики и боевые возможности, что приводит к усложнению бортовых систем и росту требований к ее надежности. Появление мультиплексного канала информационного обмена (МКИО), электрификация и интегрирование бортового оборудования, современных образцов АТ, в значительной мере положительно сказываются на ее возможностях применения, но в то же время, затрудняет диагностирование и резервирование комплекса бортового оборудования, соответственно требуются новые подходы к методам диагностики и резервирования.

Под информационно-преобразующими элементами (ИПЭ) в данной статье понимаются все элементы (БО), которые предназначены для преобразования входных информационных сигналов (данных) в выходные управляющие и (или) информационные сигналы. В рамках интегрированной модульной авионики, на борту современного ВС, количество таких элементов увеличилось. В большинстве случаев, это

© Миронов С. А., Букирёв А. С., Савченко А. Ю., 2024

модули и субмодули сложных систем, выполняющие свои функции в составе бортовых комплексов, и диагностировать их все в полном объеме, что увеличило бы надежность АТ, и резервировать, без ухудшения массогабаритных характеристик, не представляется возможным.

Ниже проведён анализ существующих бортовых средств диагностирования и резервирования информационно-преобразующих элементов комплекса бортового оборудования (БО) воздушных судов.

Анализ

С помощью бортовых средств, диагностика технического состояния бортового оборудования осуществляется на основе:

- систем встроенного контроля (СВК);
- бортовых автоматизированных систем контроля (БАСК).

Большая часть систем бортового оборудования, отдельные блоки, подсистемы и приборы современных воздушных судов оснащены встроенным контролем (ВК). Его наличие значительно упрощает и автоматизирует процесс подготовки ВС к полету или поиска неисправности, поскольку, как правило, он выполняется нажатием нескольких или одной клавиши (кнопки, тумблера), а так же может выполняться автоматически при запуске системы (комплекса) выводом индикации о наличии или отсутствии отказа.

Значительным «плюсом» ВК является оперативность его выполнения, простота, а также, что наиболее важно, локализация места поиска отказа.

Но, тем не менее, ВК не всегда может дать полноту информации о диагностируемой системе, месте отказа до конструктивно-функционального модуля (КФМ), субмодуля. Рассмотрим проведенный анализ ВК систем современных воздушных судов.

Различные системы бортового оборудования, имеют разные способы реализации ВК, но, тем не менее, имеют общие принципы, по которым строятся алгоритмы выполнения процедур ВК, таких как:

опрос наличия составных структурных частей (блоков, модулей), который, в большинстве своем, осуществляется подачей тестового сигнала на структурную единицу, от которой должен последовать соответствующий данному сигналу ответ, свидетельствующий о его наличии (наличии составного элемента в системе), и в современных ВС, где тестовый входной сигнал может нести типовую входную информацию, как и при штатном функционировании системы, должен последовать ответ системы, не только свидетельствующий о его наличии, но и соответствующий техническому состоянию системы;

- проверка исправности цепей, каналов передачи информации;

- проверка исправности датчиков, приводов, исполнительных механизмов;
- вывод индикации оператору о работоспособности системы, наличии или отсутствии отказа, в виде световых сигнализаторов, текстовых сигналов на МФИ и т.п.

Анализ технической документации, показал, что оператор получил индикацию о отказе, может не иметь точной информации о месте отказа, а имеет несколько вариантов причины неисправности (отказавших блоков, модулей). Для устранения данного отказа требуется перестановка всех возможных решений, которые предполагает индицируемый отказ, что зачастую, по различным причинам (труднодоступность и т.п.) достаточно трудоемко, что увеличивает время восстановления АТ.

Системы встроенного контроля достаточно просто выполняют диагностику отдельных систем (комплексов) бортового оборудования, позволяют локализовать место поиска отказа, не требуя при этом дополнительного оборудования (КПА), что является значительным преимуществом при выполнении подготовки ВС. Но большая часть ВК систем не всегда дают достаточной глубины места поиска отказа до конструктивно-функциональной единицы системы и не всегда позволяют производить диагностику этих элементов в режиме реального времени на борту ВС, когда система уже функционирует в составе БО (например в полёте).

БАСК в отличие от ВК систем, позволяют производить контроль работоспособности систем в полете, с выводом индикации о отказе экипажу, а также осуществлять контроль работоспособности систем и датчиков, не имеющих встроенного контроля.

Принцип функционирования большинства БАСК заключается в опросе СВК систем, комплексов, датчиков и получения ответной информации с дальнейшим её преобразованием, регистрацией и выводом индикации о работоспособности бортового оборудования или противоположного вывода.

БАСК значительно расширили область диагностирования бортового оборудования, а наличие запоминающих устройств различного вида упростили процесс технического обслуживания АТ инженерно-техническим составом, но тем не менее имеет ряд недостатков, которые были выявлены при проведенном анализе.

Анализ поступающей входной информации в АСК от контролируемого бортового оборудования осуществляется на основе логических элементов и функций. Вывод о исправности объекта контроля производится зачастую на основе наличия или отсутствия

сигнала, а также измерения входного сигнала, который для исправного объекта контроля должен находиться в рамках установленных значений напряжения. Этот принцип значительно уменьшает качество диагностики бортового оборудования, так как, контролируемый элемент, работающий некорректно, со значительно выросшей погрешностью выходного сигнала или вообще выдающий ошибочный выходной сигнал, что свидетельствовало бы о скором выходе его из строя, или как минимум, повлияло бы на точность и работу других систем и узлов БО, которые используют этот сигнал, не будет идентифицирован как неисправный, что является ошибкой второго рода.

Кроме того, так как значительная часть информации о исправности БО в БАСК поступает от СВК, то в рамках диагностики систем и оборудования с ВК, БАСК имеют те же недостатки, что и СВК, изложенные выше.

Ниже представлена типовая схема функционирования БАСК.

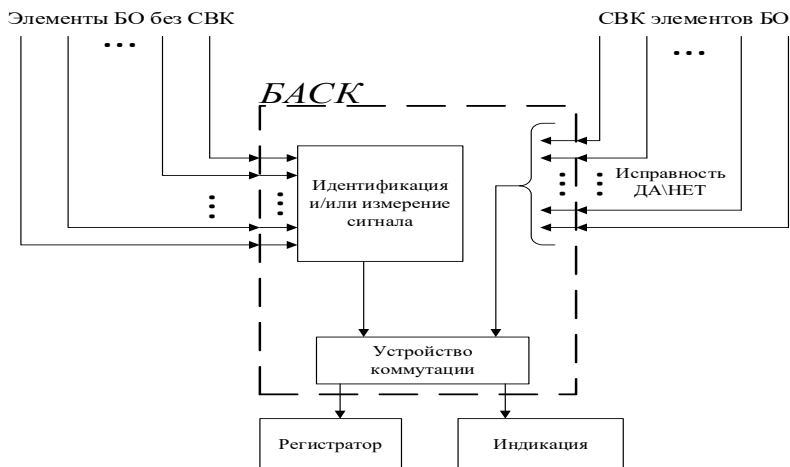


Рис. 1. Типовая схема функционирования БАСК

Проведя анализ средств диагностирования технического состояния бортового оборудования воздушных судов, следует отметить, что не смотря на многие достоинства СВК и БАСК современных ВС, они требуют усовершенствования, так как, рост многофункциональности и технических возможностей авиационных комплексов значительно опередил возможности современных средств диагностики бортового оборудования.

На современных ВС требуется применение способов диагностики, которые не только смогли бы определять техническое состояние бортового оборудования в полете и с большей точностью, но и предоставляли бы необходимую глубину места поиска отказа до КФМ (субмодуля), охватывая все информационно-преобразующие элементы бортового оборудования ВС.

Рассмотрим проведенный анализ методов резервирования БО ВС.

Структурное резервирование – метод повышения надежности объекта, предусматривающий использование избыточных элементов, входящих в физическую структуру объекта [2]. Суть структурного резервирования заключается в том, что в минимально необходимый вариант объекта вводятся дополнительные элементы.

Структурное резервирование может быть нагруженным и ненагруженным.

При ненагруженном резервировании, резервный элемент постоянно находится в «отключенном» состоянии, и при выходе из строя резервируемого объекта контроля, включается в работу, замещая отказавший объект. Примером использования ненагруженного резервирования в бортовом оборудовании является применение резервного ПВД, который включается в работу при отказе основного ПВД.

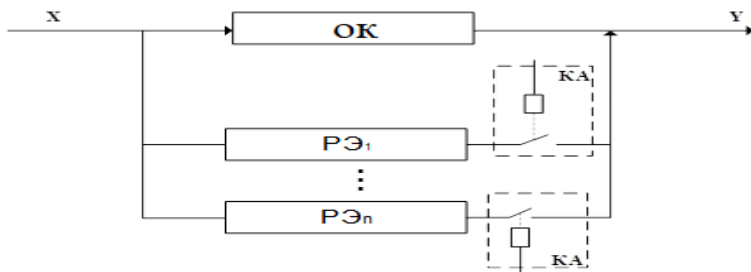


Рис. 2. Ненагруженное резервирование

На рисунке 2 изображена схема ненагруженного резервирования, где ОК – объект контроля, РЭ – резервный элемент, КА – коммутационная аппаратура, X , Y – входной и выходной сигнал объекта контроля соответственно.

Для реализации данного метода требуется коммутационная аппаратура, которая снижает эффективность работы сложных вычислительных систем, так как при переключении возникает задержка, а также скачкообразные сигналы, вызванные переключением. Для

устранения этих недостатков требуется дополнительная аппаратура, что снижает массогабаритные характеристики и усложняет схему реализации. Кроме того, коммутационная аппаратура не подвержена контролю в процессе функционирования, что в свою очередь повышает количество не диагностируемых элементов бортового оборудования, что снижает надежность.

При нагруженном резервировании резервный элемент включен в функциональную схему постоянно и выполняет все функции резервируемого объекта параллельно. Примером применения нагруженного резервирования в бортовом оборудовании воздушных судов является система электроснабжения, где используется несколько параллельно работающих каналов электроснабжения, как правило соответствующих количеству двигателей у воздушного судна.

Для реализации нагруженного резервирования, как правило, требуется аппаратура коммутации, которая переключает выполняемые контролируемым объектом задачи на резервный элемент.

Преимуществом данного метода является быстроедействие и непрерывность функционирования, обусловленные отсутствием переключения между элементами. Так как, резервный элемент постоянно находится в работе, это требует повышенных энергоресурсов для обеспечения работы n резервных элементов, что приводит к повышенному расходу энергии (мощности) системы в целом, кроме того, постоянное функционирование резервных элементов вместе с резервируемым элементом расходует ресурс по наработке как объекта контроля, так и резервных элементов, что приводит к уменьшению долговечности системы в целом.

Применяется также «облегченное» резервирование, которое является компромиссом между нагруженным и ненагруженным резервированием. Резервный элемент в этом случае, находится не в полноценном режиме работы, а под частичной нагрузкой, в отличие от основного элемента, который включен в схему полноценно. Примером использования облегченного резервирования является система электроснабжения воздушного судна, где «облегченным» резервным источником питания является преобразователь, который включен в работу постоянно, но при исправной работе основных источников электроэнергии не нагружен полноценно, и при выходе их из строя, становится под нагрузку, обеспечивая электроэнергией наиболее важные элементы БО.

Преимущество структурного метода резервирования – обеспечение бесперебойности работы системы за счет возможности выполнения резервным элементом всех функций в полном объеме при выходе из

строю основного элемента системы. Недостатком данного метода является ухудшение массогабаритных характеристик системы.

Функциональное резервирование – метод повышения надежности, предусматривающий использование способности элементов выполнять дополнительные функции вместо основных или наряду с ними (заданная функция может выполняться различными способами и техническими средствами) [2].

В случае, если первый объект выходит из строя, резервный элемент может включиться в канал отказавшего объекта резервирования и выполнять дополнительные функции вместо или вместе со своими основными функциями. Функциональное резервирование часто более применимо в системах с многофункциональными устройствами, которые наряду со своими основными задачами могут быть источником информации, необходимой для работы одного или нескольких других устройств.

Примером функционального резервирования в авиационных комплексах является определение местоположения летательного аппарата вычисляемое с помощью инерциальной системы, но при выходе ее из строя, необходимая информация для установления местоположения летательного аппарата, пусть и с большей погрешностью, может получаться от систем ближней, дальней и спутниковой навигации и астронавигации.

Этот метод резервирования не приводит к увеличению размеров и массы системы, что является его положительным аспектом. Однако, функциональное резервирование имеет недостаток – резервный элемент может выполнять задачи резервируемого объекта не в полном объеме или выполнять их с худшим качеством.

Временное резервирование — это метод повышения надежности объекта, который использует избыточное время, выделенное для выполнения задач. Резерв времени может быть создан путем увеличения времени, выделенного системе для восстановления технического состояния, устранения неисправностей или на переключение на резервные ресурсы. Данный метод подразумевает наличие такого количества резервного времени, которого должно с избытком хватать на выполнение вышеперечисленных задач. Для обеспечения резервом времени, как правило, используются накопители энергии – гидро-, электроаккумуляторы, которые, в случае отказа, дают некоторый промежуток времени, необходимые для устранения неполадок, переключения на резерв, в течение которого они временно поддерживают работу систем, работавших от отказавшего элемента. Недостатком этого метода является необходимость наличия резерва времени, что почти

всегда сопровождается установкой дополнительного оборудования или усложнением систем.

Метод информационного резервирования – это способ повышения надежности путем использования избыточной информации, которая превышает минимально необходимое для выполнения задачи. Примеры информационного резервирования включают повторную передачу одного и того же сообщения по каналу связи, использование различных кодов для обнаружения и исправления ошибок, вызванных откатами аппаратуры и помехами, а также добавление избыточных символов при обработке, передаче и отображении информации. В современной авиационной технике чаще всего, информационное резервирование применяется в бортовых цифровых вычислительных машинах. Избыток информации позволяет частично или полностью компенсировать искажения передаваемой информации или устранять их. Однако, реализация управления избытком информации является сложной и может потребовать дополнительных вычислительных ресурсов и (или) дополнительных устройств.

Другие методы и виды резервирования являются дополнительными и детализируют особенности рассмотренных методов, поэтому анализ их проведения нецелесообразен.

Предлагается решать задачи диагностирования и резервирования информационно-преобразующих элементов (ИПЭ) комплекса бортового оборудования (КБО) на основе искусственных нейронных сетей (ИНС), имеющих возможность в полном объеме выполнять функции резервируемого элемента. С целью реализации режима работы рассмотрен принцип функционирования, представленный на рисунке 5.

На рисунке 3: x_1, \dots, x_i – поток входных сигналов КБО; y_1, \dots, y_j – поток выходных сигналов КБО; $\{X\}, \{Y\}$ – множества измеряемых входных и выходных параметров, $y_j^* = f(x_i)$ – функциональные зависимости, описывающие связь выходных и входных сигналов, полученные в результате обучения ИНС, $y_j = f(x_i)$ – текущие функциональные зависимости, описывающие связь выходных и входных сигналов, ТС КБО – техническое состояние контролируемого канала КБО, S_0, S_1, S_2 – работоспособное состояние, предотказное состояние и отказ системы соответственно.

Перед работой нейровычислительного модуля в режиме резервирования, осуществляется его обучение, в процессе которого, нейронные сети формируют зависимости входного потока данных от выходного, и определяют границы допусков данных функциональных

зависимостей на состояния S_0, S_1, S_2 . Это позволяет преобразовывать входной поток данных, поступающий на вход резервируемого элемента, по законам построенных функциональных зависимостей в выходные сигналы для потребителей.

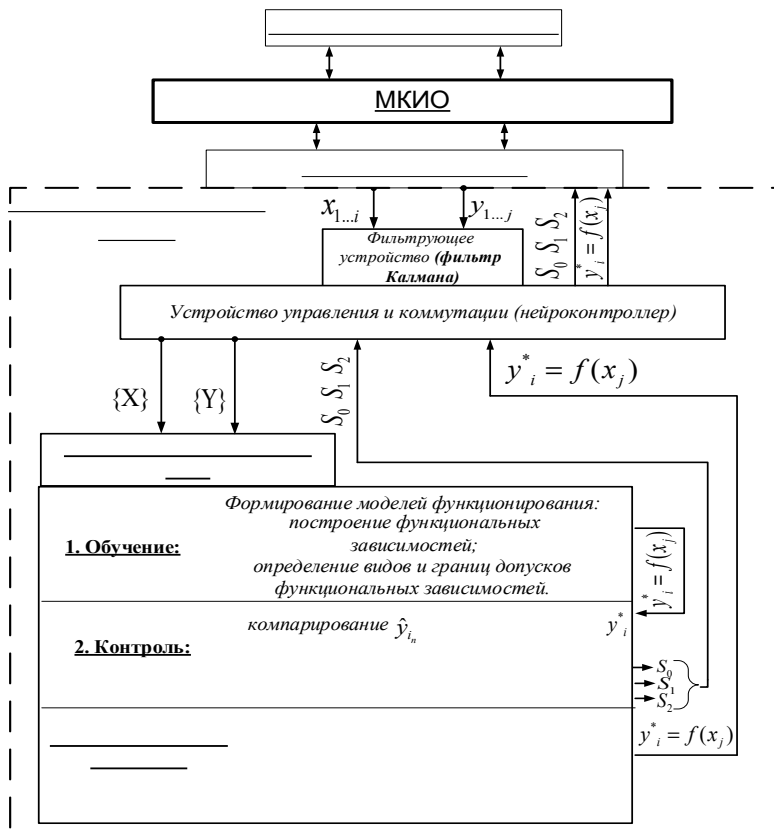


Рис. 3. Принцип функционирования метода резервирования на основе ИНС

Заключение

Развитие современных авиационных комплексов в условиях интегрированной модульной авионики требует новых подходов в диагностировании и резервировании элементов комплекса бортового оборудования. Применение мультиплексного канала информационного обмена (МКИО) на борту современного воздушного судна позволит

эффективно использовать рассмотренный метод диагностирования и резервирования на основе ИНС, поскольку нейронные сети способны обучаться практически любым функциональным зависимостям, а значит смогут диагностировать и резервировать количество информационно-преобразующих элементов, функционирующих посредством МКИО, ограниченное лишь вычислительными ресурсами бортовой цифровой вычислительной машины, на которой ИНС будет реализован.

Список литературы

1. Чернодаров А. В. Контроль, диагностика и идентификация авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов / А. В. Чернодаров – М.: Научтехлитиздат, 2017. – 300 с.
2. Колодежный Л. П. Надежность и техническая диагностика. Учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС / Л. П. Колодежный, А. В. Чернодаров – М.: Изд. ВВА имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, 2010. – 452 с.
3. Острейковский В. А. Теория надежности. Учебник для вузов / В. А. Острейковский – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
4. Юдин В. Т. Автоматизированные системы контроля, регистрации и обработки полётной информации. Учебное пособие / А. В. Юдин, С. В. Ипполитов, Н. Н. Рясков. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 322 с.

Изучение вещественных и комплексных алгебр Ли с применением пакетов аналитических вычислений

Н. П. Можей, email: mozheynatalya@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

***Аннотация.** Работа посвящена применению пакетов аналитических вычислений к исследованию вещественных и комплексных алгебр Ли. Наиболее эффективное решение этой задачи возможно в системе Maple. В работе приведен алгоритм описания абстрактных алгебр Ли, основанный на классификациях полупростых и нильпотентных алгебр, и описана классификация неразрешимых алгебр Ли размерности семь. Указанные алгебры также соответствуют однородным вещественным гиперповерхностям четырехмерного комплексного пространства, стабилизатор которых тривиален.*

***Ключевые слова:** неразрешимая алгебра Ли, расщепление Мальцева, почти алгебраическая алгебра Ли, алгоритм классификации.*

Введение

Группы и алгебры Ли играют существенную роль в дифференциальной геометрии и ее приложениях, их исследовать помогают пакеты прикладных программ. Например, применение системы компьютерной математики Maple позволяет облегчить трудоемкие вычисления и справиться с проблемами, которые многие ученые ранее считали неразрешимыми. Maple незаменим как для проверки окончательных и промежуточных результатов, получаемых аналитически, так и для поиска методов решения.

В теории алгебр Ли наиболее изученным классом являются полупростые алгебры, полная классификация которых существует для каждой фиксированной размерности. Для разрешимых алгебр Ли и для полупрямых сумм полупростых и разрешимых алгебр Ли известны лишь отдельные классификационные результаты. Алгебры Ли размерности четыре над полем комплексных чисел были получены еще Софусом Ли, четырехмерные алгебры Ли над полем действительных чисел и пятимерные алгебры Ли над полями комплексных и действительных чисел – Мубаракзяновым, им же была проведена классификация разрешимых шестимерных алгебр Ли над полем

действительных чисел, отдельно шестимерные нильпотентные алгебры Ли над полем комплексных чисел описаны Умлауфом, а над полем нулевой характеристики – Морозовым. Неразрешимые алгебры Ли в малых размерностях описаны Турковским [1]. В данной работе описывается применение пакетов аналитических вычислений к исследованию вещественных и комплексных алгебр Ли и, в частности, к классификации неразрешимых алгебр Ли размерности семь.

1. Применение пакетов аналитических вычислений

Пакет LieAlgebra является подпакетом пакета DifferentialGeometry, содержащим большое количество команд для определения алгебр Ли и создания новых алгебр из существующих, например, DirectSum, Extension, LieAlgebraData, MatrixAlgebras, QuotientAlgebra, SimpleLieAlgebraData, SemiDirectSum и др. В пакете LieAlgebras команда DGsetup используется для инициализации алгебры Ли, то есть для определения базисных элементов алгебры и для сохранения структурных констант алгебры Ли в памяти. Первым аргументом DGsetup является структура данных алгебры, которая содержит структурные константы в стандартном формате, используемом пакетом LieAlgebras. Команда LieAlgebraData(Subalgebra) вернет структуру данных алгебры Ли для подалгебры, таким образом, подалгебра может быть изучена как самостоятельная алгебра Ли, независимая от исходной внешней алгебры. В общем случае команда LieAlgebraData преобразует различные реализации алгебры Ли, например, алгебру Ли векторных полей на многообразии в абстрактную алгебру Ли. Ее таблицу умножения можно посмотреть с использованием MultiplicationTable. Общую структуру алгебры Ли можно исследовать с помощью команд Decompose, Query, Series, Nilradical, Radical и др., а структуру полупростой алгебры Ли – с помощью команд CartanDecomposition, CartanSubalgebra, CartanMatrix, CompactRoots, PositiveRoots, RootSpaceDecomposition, RestrictedRootSpaceDecomposition. С помощью этих и других команд можно построить фактор–алгебру, полупрямое произведение алгебр Ли, найти различные подалгебры и идеалы (центр, централизатор, нильрадикал, радикал, производный ряд, нижний центральный ряд, верхний центральный ряд алгебры или подалгебры Ли, нормализатор подалгебры), найти форму Киллинга, разложение Леви, разложить алгебру на прямую сумму неразложимых алгебр Ли и др. Когомологии алгебр Ли могут быть вычислены с помощью команд Cohomologies, CohomologyDecomposition, KostantCodifferential, KostantLaplacian и др. Для исследования линейных алгебр Ли можно использовать команды нахождения централизатора и нормализатора для набора матриц, нахождения наименьшего идеала или наименьшей

подалгебры, содержащих данный набор векторов. Для работы с представлениями можно использовать вычисление инвариантных векторов и тензоров представления алгебры Ли, ограничение представления на подалгебру, находить индуцированное представление на инвариантном подпространстве, базис пространства представлений, в котором матрицы представления разрешимой алгебры являются верхнетреугольными, и др. В дальнейшем будем использовать указанные команды для получения искомой классификации.

2. Классификация вещественных и комплексных алгебр Ли

Рассмотрим классификацию с точностью до изоморфизма абстрактных неразрешимых алгебр Ли размерности семь (над полем нулевой характеристики) с использованием системы Maple. Предлагаемый классификационный алгоритм основывается на понятиях почти алгебраической алгебры Ли и расщепления Мальцева для абстрактной алгебры Ли.

В работе рассматривается общий подход к классификации произвольных алгебр Ли. С помощью расщепления Мальцева задача описания алгебр Ли над полем нулевой характеристики сводится к описанию почти алгебраических алгебр Ли, для которых, в свою очередь, необходимо знание полупростых и нильпотентных алгебр. Полупростые алгебры Ли описываются в терминах систем корней и задаются с помощью образующих и соотношений. Для них существует невырожденная форма Киллинга, диаграммы Дынкина, корневое разложение, теория старших весов представлений, различные формулы характеров конечномерных представлений и многое другое. Нильпотентные алгебры Ли не обладают такими хорошими свойствами. Например, уже в размерности семь можно привести примеры нильпотентных алгебр, не имеющих полупростых дифференцирований. Существующие методы классификации нильпотентных алгебр Ли индуктивны по размерности и для малых размерностей позволяют быстро получить результат. Однако с каждым следующим шагом возникают большие вычислительные сложности. Классификация семимерных нильпотентных алгебр Ли приводилась многими авторами, однако содержала ошибки и неточности, исправленные в работе Гонга. В больших размерностях известны лишь частичные классификационные результаты, получены отдельные классы алгебр.

Основываясь на классификациях полупростых и нильпотентных алгебр Ли, далее приведем алгоритм описания абстрактных алгебр Ли и проведем саму классификацию семимерных неразрешимых алгебр Ли над полями комплексных и действительных чисел. Вместе с работами Парри [2], Хинделе и Томпсона [3], а также совместной работой Ву,

Туан, Ту, Туйен и Тьеу [4] это завершит классификацию семимерных алгебр Ли. Рассматриваемая в работе задача также тесно связана, например, с проблемой описания голоморфно однородных вещественных гиперповерхностей четырехмерного комплексного пространства, абстрактные алгебры Ли размерности семь соответствуют однородным гиперповерхностям, стабилизатор которых тривиален (поверхности с нетривиальным стабилизатором описывались, например, в [5]).

В дальнейшем нам понадобятся следующие определения. Алгебра Ли g называется почти алгебраической, если существует редуцирующая подалгебра m этой алгебры Ли, такая, что g является прямой суммой m и наибольшего нильпотентного идеала. При этом подалгебра m называется подалгеброй Мальцева почти алгебраической алгебры Ли g , а указанное разложение – ее разложением Мальцева. Расщеплением Мальцева алгебры Ли g называется ее вложение в почти алгебраическую алгебру Ли, такое, что не существует собственных почти алгебраических подалгебр, содержащих образ g .

Назовем алгебру Ли точной, если ее наибольший полупростой идеал равен нулю. Любая алгебра Ли является прямой суммой наибольшего полупростого идеала и точной алгебры. Классификация полупростых алгебр Ли известна, поэтому достаточно ограничиться классификацией точных алгебр Ли, которая, в свою очередь, разбивается на классификацию нильпотентных алгебр Ли, классификацию точных почти алгебраических алгебр Ли с данным наибольшим нильпотентным идеалом и классификацию точных алгебр Ли, не являющихся почти алгебраическими, с данным расщеплением Мальцева.

Пусть g – неразрешимая алгебра Ли размерности семь. Тогда размерность наибольшего нильпотентного идеала ее расщепления Мальцева не превосходит четырех, соответственно, для классификации неразрешимых алгебр Ли размерности семь достаточно знать классификацию нильпотентных алгебр Ли до размерности четыре. Пусть поле $k=\mathbb{R}$ или \mathbb{C} .

Если семимерная неразрешимая алгебра не является точной, то она либо имеет 6-мерную подалгебру Леви и, соответственно, изоморфна алгебрам Ли $sl(2, k) \times sl(2, k) \times k$, $sl(2, \mathbb{R}) \times su(2) \times \mathbb{R}$, $su(2) \times su(2) \times \mathbb{R}$, $sl(2, \mathbb{C})\mathbb{R} \times \mathbb{R}$, либо она изоморфна $sl(2, k) \times h$ или $su(2) \times h$, где размерность алгебры h равна четырем, а классификация четырехмерных алгебр Ли известна.

Пусть g – семимерная неразрешимая точная алгебра Ли. Если размерность нильрадикала ее расщепления Мальцева не более двух, получаем, что таких семимерных неразрешимых алгебр Ли нет, если

размерность нильрадикала ее расщепления Мальцева равна трем, получаем, что \mathfrak{g} изоморфна одной и только одной из 4 комплексных или 5 вещественных алгебр Ли, если размерность нильрадикала равна четырем, то \mathfrak{g} изоморфна одной и только одной из 5 комплексных или 7 вещественных алгебр Ли.

Заключение

Таким образом, найдены все семимерные неразрешимые алгебры Ли над полями \mathbb{R} и \mathbb{C} . Вместе с работами [1-2] это завершает классификацию семимерных алгебр Ли. Описанные в работе алгоритмы также могут быть использованы для решения аналогичных задач в больших размерностях.

Список литературы

1. Turkowski, P. Low-dimensional real Lie algebras / P. Turkowski. – J. Math. Phys. – № 29 (1988) – P. 2139-2144.
2. Parry, A. R. A classification of real indecomposable solvable Lie algebras of small dimension with codimension one nilradicals. Master's thesis / A. R. Parry. – Logan, Utah: Utah State University. – 2007. arXiv:1311.6069.
3. Hindeleh, F. Seven dimensional Lie algebras with a four-dimensional nilradical / F. Hindeleh, G. Thompson // Algebras Groups Geom. – 2008. – № 25(3). – P. 243–265.
4. Classification of 7-dimensional solvable Lie algebras having 5-dimensional nilradicals / A. Le Vu [и др.] // Math. – 2021. arXiv:2107.03990.
5. Mozhej, N. Homogeneous submanifolds in the four-dimensional affine and projective geometry / N. Mozhej // Russian Mathematics. – 2000. – Vol. 44. No.7. – P. 39–49.

Исследование погрешности дискретизации системы технического зрения

Д. С. Монгуш, email: denzin.mongush@mail.ru,
В. Г. Бондарев, И. Р. Кабиров, Д. В. Лопаткин

ВУНЦ ВВС «ВВА»

***Аннотация.** В статье предложена математическая модель погрешности дискретизации системы технического зрения (СТЗ). Показано, что предлагаемый метод определения центра тяжести функции яркости предпочтительнее по сравнению с методом обработки изображения посредством аппроксимации изображения особой точки функцией Гаусса.*

***Ключевые слова:** система технического зрения, беспилотный летательный аппарат, динамический диапазон, фотоматрица*

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применяются для решения широкого круга задач гражданского и специального назначения. В связи с этим совершенствуются их бортовое оборудование. Актуальным направлением в области совершенствования бортового оборудования БПЛА являются задачи повышения точности навигационных систем (НС). На сегодняшний день основу НС БПЛА составляют спутниковые системы навигации (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU) и инерциальные навигационные системы (ИНС).

Опыт локальных боевых действий и вооруженных конфликтах, показал, что спутниковая навигационная система (СНС) весьма подвержена влиянию радиопомех, что не может обеспечить заданную точность на всех этапах полета [1]. Сигналы спутниковой связи подавляются или подменяются ложными с помощью средств радиоэлектронной борьбы. В связи с этим роль инерциальных навигационных систем (ИНС) повышается. Основным недостатком ИНС являются накапливаемые во времени ошибки, связанные с погрешностями ее датчиков (гироскоп).

Использование средств обработки визуальных данных является альтернативным способом, позволяющим осуществлять автономную навигацию БПЛА в пространстве.

Формирование изображения на фотоматрице посредством оптической системы является весьма сложным процессом, который часто рассматривают как простое геометрическое преобразование. Однако, для прецизионных

измерений и навигации таких упрощенных представлений недостаточно, важно учитывать ряд существенных явлений, которые влияют на процесс формирования изображения, а также его преобразование в электронный цифровой вид.

Погрешности дискретизации системы технического зрения

Цифровое представление оптического сигнала в фотокамерах создало предпосылки к его цифровой обработке, что привело к созданию систем технического зрения, самых многофункциональных систем с широкими возможностями. Однако, оцифрованный оптический сигнал является причиной погрешностей измерительных СТЗ, которые обусловлены как шумами фотоматриц, так и нелинейными преобразованиями сигнала в процессе его дискретизации. Принято считать, что качество преобразования оптического сигнала определяется размерностью фотоматрицы (числом пикселей), но есть еще один важный параметр с которым следует связывать измерительное качество фотокамеры – динамический диапазон, или разрядность аналого-цифрового преобразователя, который для современных фотокамер имеет значения 8, 10, 12, 14, 16 двоичных разрядов. Исследование связи размерности оцифрованного изображения выполним на примере обработки сигнала светодиодного или лазерного излучателей, которые используются в системах посадки и межсамолетной навигации. Представим модель изображения таких излучателей в виде функции Гаусса следующего вида:

$$R_{j,k} = R_0 \cdot e^{-\frac{(y_j - y_0)^2 + (z_k - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}}, \quad (1)$$

$$- \quad R_{j,k} \text{ – яркость } j, k \text{ пиксела с координатами } y_j = \Delta j - \frac{\Delta}{2},$$

$$z_k = \Delta k - \frac{\Delta}{2}.$$

- Δ – размер пиксела;
- y_0, z_0 – координаты центра яркости изображения;
- R_0 – яркость пиксела с координатами y_0, z_0 ;
- σ – параметр функции Гаусса, определяющий ее ширину.

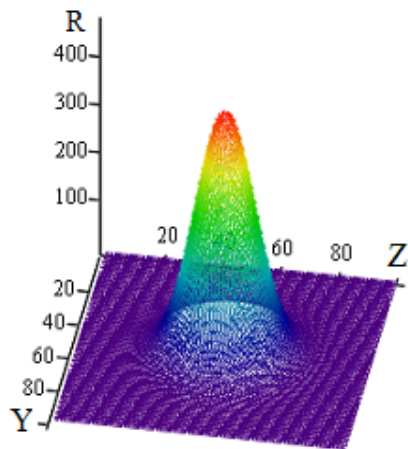


Рис. 1. Функция яркости изображения светодиодного источника излучения

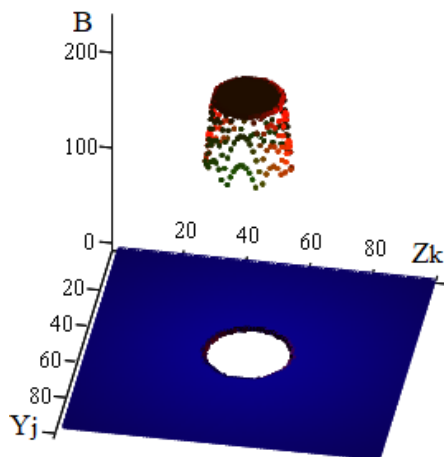


Рис. 2. Функция, используемая для определения центра яркости источника

Однако, эта аналоговая функция существенно отличается от дискретной функции яркости, снимаемой с фотокамеры СТЗ. Процедуру дискретизации оптического сигнала выполним, используя функцию округления $trunc(R_{j,k})$ в математическом пакете Mathcad, а обработку

изображения посредством двухпорогового алгоритма опишем следующим образом:

$$B_{j,k} = \begin{cases} B_{j,k}, & \text{if } \text{trunc}(R_m) \leq B_{j,k} \leq \text{trunc}(R_p) \\ \text{trunc}(R_p), & \text{if } B_{j,k} \geq \text{trunc}(R_p) \\ 0, & \text{if } B_{j,k} < \text{trunc}(R_m) \end{cases}, \quad (2)$$

– R_m, R_p – нижний и верхний пороги ограничивающие функцию яркости $B_{j,k}$.

Используя алгоритм вычисления координат центра яркости оцифрованного изображения источника излучения, получим зависимость этих координат от величины смещения изображения, показанную на рисунке 3.

Таблица

Используемые для анализа данные

№ кривой	Δ , мкм	A	R_p	R_m	σ	m , пикс	σ_y , пикс
1	1,1	2000	1080	1000	2,2	0,0052	0,028
2	1,1	500	220	200	2,2	0,024	0,032
3	2,2	256	220	200	4,4	0,09	0,036
4	2,2	256	250	100	4,4	0,295	0,017
5	2,2	256	150	100	4,4	0,156	0,02
6	2,2	2^{16}	2^{15}	2^{14}	4,4	0,0009	0,018
7	2,2	256	120	100	4,4	0,082	0,023
8	2,2	256	205	200	4,4	0,024	0,038
9	2,2	256	252	250	4,4	0,011	0,039

Полученные зависимости смещения координат центра яркости от смещения изображения на рисунке 3 ожидаемо показывают их нелинейный характер, однако принципиально важным является ее субпиксельное отклонение от линейной зависимости, что обусловлено обработкой изображения, включающего большую группу пикселей. Это обстоятельство не только сглаживает функции преобразования, показанные на левых рисунках 3 (а,в,д), но и имеет существенный фильтрующий эффект шумов фотоматрицы, что позволяет сделать вывод о необходимости групповой обработки изображений даже «точечных» объектов типа контрастная точка.

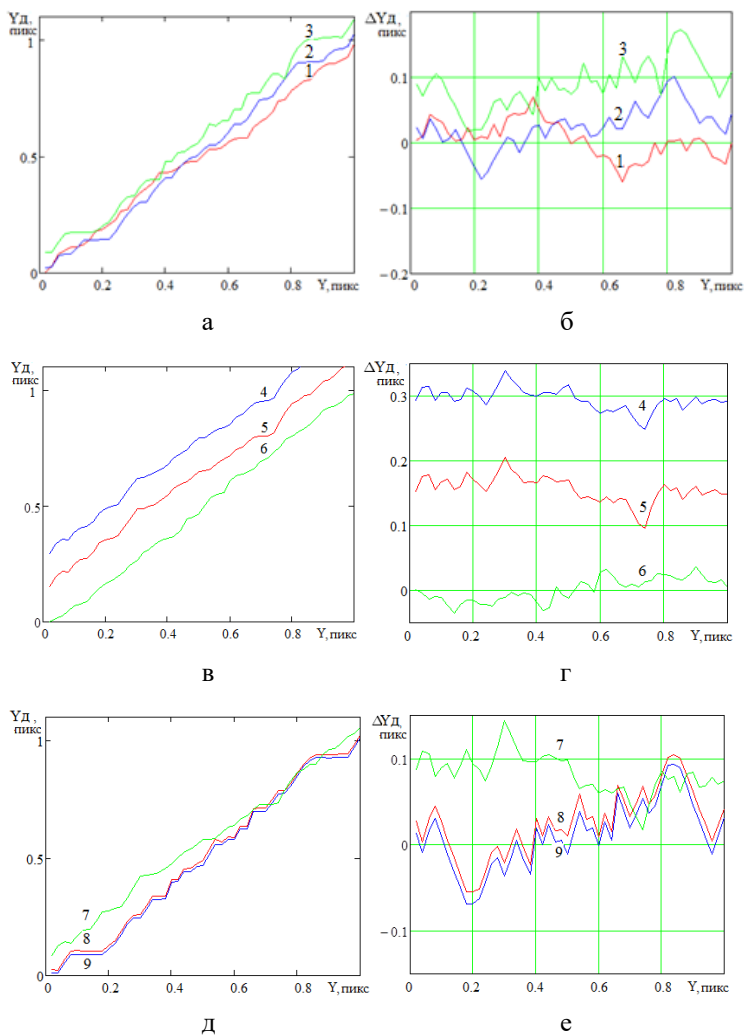


Рис. 3. Зависимость смещения координат центра яркости от смещения изображения

Анализ полученных отклонений от линейных зависимостей преобразования (правые рисунки 3 (б, г, е)) показывает, что кроме вариативной составляющей имеется систематическая составляющая, которая существенным образом зависит от размерности фотоматрицы и

ее динамического диапазона, а также от выбора пороговых значений R_p и R_m . Важным является существенное снижение систематической составляющей зависимости преобразования фотоматрицей большой размерности и с большой разрядностью АЦП (рисунок 3, график 4). Последнее замечание позволяет сделать вывод о том, что погрешности дискретизации зависят от объема дискретной единицы функции яркости, умещающейся в одном пикселе фотоматрицы, который выражается следующим образом:

$$V_R = \Delta^2 \cdot \Delta_R, \quad (3)$$

- Δ – размер пиксела;
- ΔR – единица младшего разряда дискретизованной функции яркости.
- Последнее исследование показывает, что погрешность дискретизации тем меньше, чем меньше величина V_R .

Вторым важным следствием этих исследований является соответствие величины Δ_R и СКО шума фотоматрицы, показанные на рисунке 3, из чего следует, что большая разрядность АЦП фотоматрицы (большой динамический диапазон) соответствуют малому уровню шума фотоматрицы и как следствие – малому уровню ошибок СТЗ, обусловленных шумом фотоматрицы.

Для сравнения с вышеприведенными результатами выполнена обработка изображения с применением метода наименьших квадратов. Экспериментальная зависимость функции яркости изображения $R_{j,k}$ аппроксимировалась сглаживающей функцией Гаусса:

$$R_{j,k} = R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} + \varepsilon_{j,k}.$$

Оценки параметров R_0, σ, y_0, z_0 определялись из условия минимизации критерия:

$$I = \sum_{j1,k1}^{j2,k2} \left[R_{j,k} - R_0 e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} + \varepsilon_{j,k} \right]^2 = \sum_{j1,k1}^{j2,k2} (\varepsilon_{j,k})^2,$$

$1 \leq j1 \leq j2, k1 \leq k \leq k2$ – область определения функции яркости.

Для нахождения минимума критерия запишем систему уравнений:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial I}{\partial R_0} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{j1,k1}^{j2,k2} \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} + \varepsilon_{j,k} \right]^2 \right\}}{\partial R_0} = \\
&= \sum_{j1,k1}^{j2,k2} e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \cdot \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \right] = 0, \\
\frac{\partial I}{\partial \sigma} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{j1,k1}^{j2,k2} \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \right]^2 \right\}}{\partial \sigma} = \\
&= \sum_{j1,k1}^{j2,k2} \frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^3} e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \cdot \\
&\quad \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \right] = 0, \\
\frac{\partial I}{\partial y_0} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{j1,k1}^{j2,k2} \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \right]^2 \right\}}{\partial y_0} = \sum_{j1,k1}^{j2,k2} \frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2}{2\pi\sigma^2} \cdot \\
&\quad e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \cdot \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \right] = 0,
\end{aligned}$$

$$\frac{\partial I}{\partial z_0} = \frac{\partial \left[\sum_{j1,k1}^{j2,k2} \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \right] \right]}{\partial z_0} = \sum_{j1,k1}^{j2,k2} \frac{(\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \cdot \left[R_{j,k} - R_0 \cdot e^{-\frac{(\Delta j - \frac{\Delta}{2} - y_0)^2 + (\Delta k - \frac{\Delta}{2} - z_0)^2}{2\pi\sigma^2}} \right] = 0.$$

Использование Mathcad для решения этой системы уравнений позволяет определять параметры R_0 , σ , y_0 , z_0 аппроксимирующей поверхности функции яркости и провести сравнение с результатом обработки оцифрованного изображения посредством определения центра тяжести функции яркости. Для условий моделирования, представленных на рисунке 3 (кривые 4, 5, 6) получены следующие параметры: 4 – $m = 0.294$ пикс, $\sigma_y = 0.0168$ пикс; 5 – $m = 0.156$ пикс, $\sigma_y = 0.018$ пикс; 6 – $m = 0.00089$ пикс, $\sigma_y = 0.0177$ пикс.

Практически полное совпадение с результатами, полученными методом определения центра тяжести функции яркости, подтверждает вывод о его предпочтительности по сравнению с методом обработки изображения посредством аппроксимации изображения маяка функцией Гаусса.

Заключение

В статье предложена математическая модель погрешности дискретизации системы технического зрения. Анализ полученных отклонений от линейных зависимостей преобразования показывает, что кроме вариативной составляющей имеется систематическая составляющая, которая существенным образом зависит от размерности фотоматрицы и ее динамического диапазона. Показано, что предлагаемый метод определения центра тяжести функции яркости предпочтительнее по сравнению с методом обработки изображения посредством аппроксимации изображения особой точки функцией Гаусса.

Список литературы

1. Бондарев В. Г. Системы технического зрения транспортных средств: Монография. – Ставрополь: ГОУ ВПО «СТИС», 2010. – 180 с

2. Визильтер Ю. В. Проблемы технического зрения в современных авиационных системах [Текст] / Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов // Авиационно-космические приложения систем технического зрения. – Москва: ФГУП «ГосНИИАС», 2008. – С. 1–43.

3. В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. – СПб: СПбГУ ИМТО, 2008. – 192 с.

4. Грицкевич, Е. В. Компьютерное моделирование систем технического зрения [Текст]: учебн. пособие / Е. В. Грицкевич, П. А. Звягинцева – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – 120 с.

5. Якушенков Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учебник для ВУЗов [Текст] / Ю. Г. Якушенков. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Лотос, 2012. – 568 с.

Имитационная модель распознавания заглубленных объектов в условиях динамически меняющегося влагосодержания почвы

В. С. Ножкин, e-mail: nozhkin-v@list.ru
К. К. Курлюков, М. Е. Семенов, А. В. Самсонов

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

***Аннотация.** Представлен подход к развитию методов инфракрасной диагностики скрытых в почве объектов с учетом динамически меняющегося влагосодержания. Предложенная модель позволяет учитывать динамически меняющиеся показатели влагосодержания почвы. В свою очередь, для моделирования проникновения влаги в почву использовалась компиляция классического закона Дарси и гистерезисной модели, основанной на преобразователи Прейсаха. Основные результаты работы получены в рамках имитационного моделирования. В частности, установлено, что повышение влагосодержания в почве способствует увеличению контраста в ИК-изображениях скрытых объектов.*

***Ключевые слова:** модель, гистерезис, влагосодержание в почве, беспилотный летательный аппарат, имитационное моделирование.*

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты находят широкое применение во всех сферах человеческой деятельности, например, их используют при сборе информации о чрезвычайных ситуациях, обеспечении работы телекоммуникаций, проведении метеорологических измерений, экологического мониторинга, поиска глубинных объектов, а также при доставке грузов и т.п. При этом обнаружение и распознавание наземных объектов является сложной задачей, однако трудней найти и распознать объекты, скрытые под земной поверхностью, в частности мины, заглубленные убежища и т.д. Все это связано со сложными процессами, происходящими как на земной поверхности, так и в ней. Наиболее часто применяемый метод поиска заглубленных объектов – инфракрасный (ИК). Он основывается на контрасте температур фона (земной поверхности) и самого заглубленного объекта. Кроме того, в работах [1 – 5] показано, что

глубина укрытия, влажность грунта, свойства грунта и окружающей среды влияют как на максимальную разность поверхностных температур, развивающуюся над заглубленным объектом, так и на отставание по фазе, связанное с появлением горячего или холодного пятна внутри грунта. Также установлено, что максимальной глубиной определения небольших объектов, например, противотанковых и противопехотных мин составляет 17,5 и 5,6 см соответственно. Более того, в работах [4 – 7] отмечено, что содержание влаги в грунте оказывает существенное влияние на нагрев элементов, спрятанных в нем, и распределение тепла внутри него. При этом глубина обнаружения увеличивается. Поэтому формализация и учет влагосодержания почвы представляется естественным развитием методов ИК-диагностики скрытых объектов. Таким образом, цель статьи – установление зависимости глубины обнаружения объекта в почве от ее увлажненности на основе экспериментальных и теоретических данных.

1. Постановка задачи

Рассмотрим трехмерное пространство почвы, в которую помещен скрытый объект. На температуру поверхности влияет множество факторов, таких как тип почвы, глубина залегания объекта, тепловая мощность, коэффициент излучения почвы ее влажность, а также скорость ветра. Кроме того, будем считать, что и грунт, и погребенный предмет однородны. При этом грунт считаем увлажненным, математически постановка задачи выглядит следующим образом [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial T}{\partial t} = \alpha(x, y, z, \theta(t)) \nabla^2 T \\ L \frac{d}{dt} \theta(t) = I(t) - D(t) - E(t) \end{array} \right. , \quad (1)$$

где T – температура; x, y, z – координаты пространства; t – время; $\alpha = k / c\rho$ – температуропроводность твердого тела; $\theta(t)$ – удельное содержание воды (при условии $0 \leq \theta \leq 1$); L – толщина слоя почвы; $I(t)$ – интенсивность проникновения влаги в почву; $D(t)$ – интенсивность дренажа под почвенный слой; $E(t)$ – интенсивность испарения, возникающая за счет корней растений, находящихся в почвенном слое.

Начальные и граничные условия

$$T(0, x, y, z) = T_0(x, y, z); \quad \theta(0) = \theta_0; \quad T(t, x, y, z)|_{r=} = T_r(x, y, z), \quad (2)$$

В классическом законе Дарси правая часть данной модели определяется следующим выражением

$$I(t) = \min \left\{ Q(t), \frac{\Psi(t)}{A} \right\}, D(t) = \frac{1}{B} \left(\Psi + \frac{L}{2} \right), \quad (3)$$

$$E(t) = \frac{ET(t)}{C},$$

где Ψ – матричный потенциал; A, B, C – параметры уравнения; $Q(t)$ – интенсивность наблюдаемых осадков; $ET(t)$ – интенсивность испарения и транспирации; $E(t)$ и Θ – входные и выходные параметры оператора Прейсаха с переменным состоянием $\eta(t)$.

Физическое объяснение указанной модели основано на следующих предпосылках: проникновение влаги через сеть макропор происходит равномерно и занимает весь объем почвенного слоя. В момент, когда поступающие осадки больше не могут впитываться почвой, излишек уходит на поверхность слоя и таким образом, возникает «запруживание». В данной модели вариант закона Дарси представляет почвенное осушение или дренаж, а также матричные силы, удерживающие воду [8-9].

Однако, эта модель не в полной мере описывает динамику влагосодержания, поскольку эксперименты показали наличие гистерезисной зависимости между матричным потенциалом и удельным содержанием воды. Чтобы учесть это свойство зависимость между матричным потенциалом и удельным содержанием воды моделируется с помощью оператора Прейсаха P .

Приведем краткое описание соответствующего преобразователя. Для этого рассмотрим двухпозиционное реле с пороговыми числами α и β , ($\alpha < \beta$).

Пространством состояний неидеального реле является пара чисел $(0, 1)$. Связь между входом $u(t) \in C[0, T]$ и переменным выходом $x(t) \in \{0, 1\}$ устанавливается оператором $R[\alpha, \beta, x_0]$ [8-9]

$$x(t) = R[\alpha, \beta, x_0]u(t). \quad (4)$$

При этом начальное состояние x_0 , должно удовлетворять следующим условиям: если $u(0) \leq \alpha$, то $x_0 = 0$; если $u(0) \geq \beta$, то $x_0 = 1$; если $\alpha < u(0) < \beta$, то $x_0 = 0$ или $x_0 = 1$.

Описанный выше преобразователь определен на пространстве непрерывных функций, является детерминированным и статическим. Детальное описание этого преобразователя, а также его свойств приведено, например, в [8-9].

Представленная выше гистерезисная модель лежит в основе гидрологической модели, описывающей проникновение и испарение влаги в почву. Исходя из этого, второе уравнение модели (1) примет вид

$$\begin{aligned} \Theta &= f(t, y(t)) + g(t) = F(t, E(t)) \\ y(t) &= A[\eta(t)]E(t) \end{aligned} \quad (5)$$

где $x(t)$ и $y(t)$ – входные и выходные параметры оператора Прейсаха с переменным состоянием $\eta(t)$; $f(t, x)$ – функция непрерывно дифференцируема по переменным t и x ; $g(t)$ – функция непрерывно дифференцируема, кроме точек $T = \{\tau_i\}$, в которых определены и ограничены значения $g(\tau_i - 0)$, $g(\tau_i + 0)$, $g'(\tau_i - 0)$, $g'(\tau_i + 0)$, но $g(t)$ или $g'(t)$ могут иметь ограниченные разрывы в τ_i . Также следует сделать предположение о том, что любой ограниченный интервал содержит конечное число точек τ_i [3–9].

2. Имитационное моделирование

Имитационное моделирование состояло из двух этапов. На первом этапе влажность грунта не изменялась при нагревании и охлаждении, а на втором, напротив, грунт был влажным. При проведении моделирования использовались следующие параметры материала, представленные в таблице.

Таблица

Тепловые параметры используемых материалов в ходе эксперимента

Материал	Электропроводность	Удельная теплоемкость	Плотность
Сухой песок	0,26	800	1400
Песок влажностью 10 %	1,08	1025	1500
Алюминиевый блок	167	896	2800

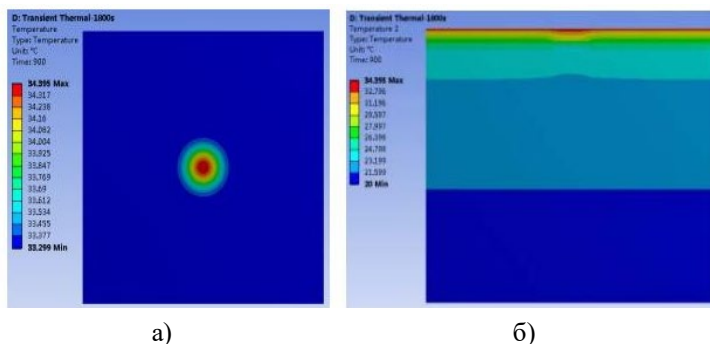
Полагаем, что в грунт (сухой песок) помещен объект (алюминиевый блок). В рамках вычислительного эксперимента

измеряемая температура воздуха принималась за температуру окружающей среды, а измеренный коэффициент излучения поверхности почвы в равновесном состоянии – эталон излучения окружающей среды на почву. Температура нижней поверхности задавалась постоянной 20 °С, а периферии – адиабатической. Затем в течение 15 минут модельного времени участок почвы равномерно нагревался и остывал естественным образом. Тепловой контраст объекта с фоном количественно определялся на основе разницы средней температуры поверхности почвы над объектом и средней температурой почвы снаружи и вокруг объекта.

Результаты проведенного имитационного моделирования показали, что температура поверхности почвы повышается по мере ее нагрева и снижается при прекращении. Наличие объекта затрудняет теплообмен грунта, из-за чего температура поверхности почвы над объектом повышается быстрее, чем окружающая его почва, и медленнее падает. Контраст температуры поверхности непрерывно увеличивается, достигая пика при $t = 1440$ с.

Очевидно, что теплообмен требует времени, что вызывает задержку времени максимальной разницы температур по сравнению со временем максимальной температуры на поверхности почвы.

На рис. 1 показано распределение температуры в сухом песке на его поверхности и по глубине почвы на временном интервале $t = 900$ с.



а) – на его поверхности, (б) – по глубине при $t = 900$ с

Рис. 1. Распределение температуры в сухом песке

Очевидно, что температура поверхности непосредственно над объектом выше, чем в окружающей местности. Когда разница температур находится в пределах возможностей камеры, ее можно

обнаружить. Из-за наличия объекта профиль температуры больше не является равномерным градиентным распределением. Наличие объекта в грунте сильно повлияло на температуру почвы, то есть затруднило изменение температуры почвы, что привело к более быстрому прогреву и более медленному охлаждению поверхности над ней.

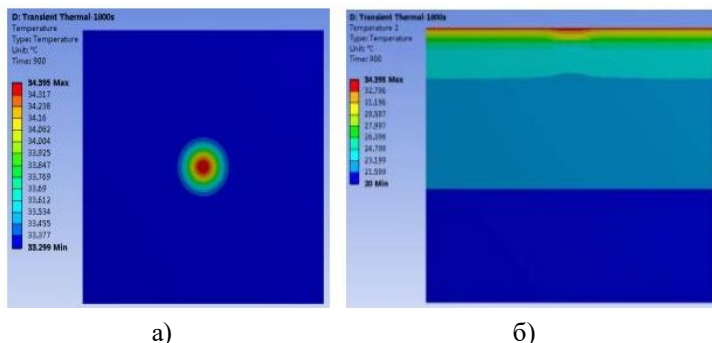
Кроме того, определена зависимость глубины захоронения в сухом песке, а также времени нагрева на температуру поверхности почвы. Установлено, что изменение перепада температур на поверхности почвы соответствует разной глубине залегания объекта. Чем глубже глубина залегания объекта, тем больше контраст. При глубине в 10 мм разница температур составила 4 °С, для глубины 20 мм – 1,5 °С, а для 30 мм разница намного меньше.

Очевидным остается тот факт, что тенденция контраста температуры поверхности между заглубленными объектами будет совершенно противоположна. Это связано с различными коэффициентами теплопроводности. Так, например, тротилловая шашка будет препятствовать передаче тепла вниз к грунту при нагреве, что приводит к большей температуре над ней, чем вокруг нее. Однако алюминий имеет лучшую теплопроводность, что может ускорить нисходящую теплопередачу почвы во время нагрева, так что температура поверхности алюминиевого блока ниже, чем его окружающая среда.

На основе этого факта можно легко идентифицировать и различать разные захороненные объекты по их конкретным характеристикам температуры поверхности. Это позволит улучшить вероятность обнаружения и снизить частоту ложных целей в процессе обнаружения заглубленных объектов в будущем.

В песок с температурой 20 °С и алюминиевым блоком добавили 600 г воды, температура которой равнялась 10 °С. Исходя из условий температурного баланса, влажный песок стал иметь температуру 16,6 °С, при этом периферия считалась адиабатической. Затем в течение 20 мин участок почвы равномерно нагревался и остывал естественным образом. Тепловой контраст объекта с фоном количественно определялся на основе разницы средней температуры поверхности почвы над объектом и средней температурой почвы снаружи и вокруг объекта.

На рис. 2 показано распределение температуры поверхности и профиля почвы на временном интервале $t = 1800$ с. В отличие от результатов моделирования с сухим песком, при влажном песке увеличилось время его нагрева и максимальное значение температуры (см. рис. 2).



а) – на его поверхности, (б) – по глубине при $t = 1800$ с

Рис. 2. Распределение температуры во влажном песке

Это связано с тем, что в силу теплового обмена равновесная температура в системе вода–песок оказалась ниже, чем в эксперименте с сухим песком (см. рис. 1). Кроме того, увлажненный песок повлиял на изменение перепада температур на поверхности почвы при разной глубине залегания объекта. В отличие от сухого песка, где разница температур в $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ была достигнута на глубине в 10 мм, такая же разница в мокром песке была на глубине 20 мм, минимальную же разницу удалось уловить на глубине 50 мм.

Закключение

В работе предложен метод идентификации скрытых в почве объектов средствами ИК-диагностики с учетом динамически меняющегося влагосодержания земной поверхности. Основываясь на приведенном анализе, можно найти лучший способ обнаружения заглубленного объекта в соответствии с различными характеристиками фона цели. Для очевидного случая цель-фон можно определить момент, когда температурный контраст поверхности достигает максимума, который может быть непосредственно обнаружен ИК-камерой. Это время будем считать лучшим моментом обнаружения (или интервалом).

Список литературы

1. Гасников, А. В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков/ А. В. Гасников и др. Издание 2-е, испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2013. – 427 с.
2. Гордин, В. А. Математика, компьютер, прогноз погоды и другие сценарии математической физики. – М.: Физматлит, 2010. – 356 с.

3. Уизем, Д. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 2013. – 238 с.
4. 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.
5. Zadorozhniy, V. G. A linear first-order differential equation with ordinary variational derivatives / V.G. Zadorozhniy // – Moscow: Pleiades Publishing, Ltd., April 1993. – Vol. 53. – P. 383-388.
6. Zadorozhniy, V. G. Stabilization of Linear Systems by a Multiplicative Random Noise / V. G. Zadorozhniy // Differential Equations. 2018, Vol. 54, i. 6. P. 728-747.
7. Zadorozhniy, V. G. Linear chaotic resonance in vortex motion / V. G. Zadorozhniy // Computational mathematics and mathematical physics. 2013, Vol. 53, i. 4. P. 486-502.
8. 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.
9. 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.

Разработка программно-аппаратного стенда для измерения характеристик сигнала в сетях Zigbee

Н. В. Пауков, e-mail: nic.paukov@yandex.ru
А. Ю. Савинков, e-mail: a.savinkov@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Разработан программно-аппаратный стенд, предназначенный для измерения качества сигнала при беспроводной передаче данных между маршрутизаторами в сетях Zigbee.*

***Ключевые слова:** беспроводные сети, интернет вещей, Zigbee, качество сигнала.*

Введение

В современном мире активно развиваются различные технологии, связанные с интернетом вещей. Во многих сферах деятельности человека применяются различные беспроводные устройства, которые могут объединяться в сети и обмениваться данными друг с другом или с различными облачными сервисами.

Одной из наиболее известных технологий для организации беспроводных сетей в контексте интернета вещей является стек сетевых протоколов Zigbee.

Устройства в сетях Zigbee работают на частоте 2.4 ГГц как и Wi-Fi роутеры. Стек протоколов предназначен для передачи данных на небольшие расстояния (до нескольких десятков метров) и с низкой скоростью (до 250 кбит/с), но при этом оптимизирован для достижения низкого энергопотребления. Это позволяет проектировать устройства, которые могут продолжительное время работать с питанием от батареек или аккумулятора [1].

Технология Zigbee активно применяется для размещения сетей внутри различных помещений. При этом размер помещений может варьироваться от отдельных комнат или маленьких квартир до обширных корпусов предприятий или заводов.

Во многих случаях особенности планировки помещения не обеспечивают прямую доступность между всеми устройствами, входящими в сеть и передающими данные друг другу. В таком случае для построения связанной сети необходимо использовать маршрутизаторы (роутеры).

При формировании сетей, состоящих из большого количества устройств и располагающихся в помещениях со сложной конфигурацией (например, с большим количеством комнат или при сильных помехах из-за других сетей таких как Wi-Fi), актуальным становится вопрос оптимизации расположения маршрутизаторов.

Под оптимизацией расположения понимается выбор таких физических позиций маршрутизаторов, при которых максимизируется качество сигнала при приеме и передаче сетевых пакетов, а также минимизируется количество ошибок и повторных посылок.

Для построения и оценки моделей для описанных оптимизаций необходимо иметь возможность измерять фактические параметры передачи данных в сетях в различных условиях, заданных пользователем.

Таким образом, целью данной работы является разработка программно-аппаратного стенда, который позволяет проводить описанные измерения, а также накапливать, обрабатывать и анализировать статистику для использования в дальнейших исследованиях.

1. Постановка требований

Стенд разрабатывается для сбора различных экспериментальных характеристик передачи данных в сетях Zigbee. Характеристики могут измеряться как для отдельных пакетов, так и для их последовательностей, чтобы минимизировать влияние случайных факторов и искажений.

В качестве основных характеристик для измерения выбраны следующие:

- RSSI (индикатор уровня принятого сигнала);
- LQI (индикатор качества связи);
- Время передачи с подтверждением и без;
- Количество потерянных пакетов и перепосылок.

RSSI является мерой мощности сигнала в физическом канале и измеряется в децибел-милливаттах (dBm). Значение RSSI является отрицательным целым числом. При этом, чем ближе значение к нулю, тем выше мощность.

Более близкие к нулю значения характеризуют качественный сигнал, а низкие – слабый сигнал или зашумленный канал, когда риск потери пакетов существенно возрастает.

LQI характеризует качество связи между парой узлов в сети. Величина измеряется в диапазоне от 0 до 255 и используется в алгоритмах маршрутизации. Большие значения означают лучшее качество передачи [2].

Для подтверждения принятия пакета спецификация Zigbee регламентирует два основных механизма:

- отправка специального пакета на уровне MAC при прямой видимости между устройствами;
- отправка специального пакета на уровне APS при необходимости передачи через несколько узлов.

Потерянными пакетами являются пакеты, посланные одним из устройств, но не принятые другим, в результате чего устройства могут выполнять повторные послыки.

Кроме требований к собираемым данным, предъявляются и требования к стенду в целом:

- поддержка двух и более тестовых устройств Zigbee для исследования передачи данных при прямой видимости устройств и при использовании сложного маршрута с несколькими узлами;
- возможность варьировать позиции тестовых устройств и расстояния между ними произвольным образом без каких-либо проводных соединений;
- управление режимами работы удалённо и с помощью кнопок;
- возможность записи трафика в сети для последующего анализа.

2. Проектирование и разработка стенда

Архитектура стенда, выбранная для соответствия поставленным требованиям, продемонстрирована на рис. 1.

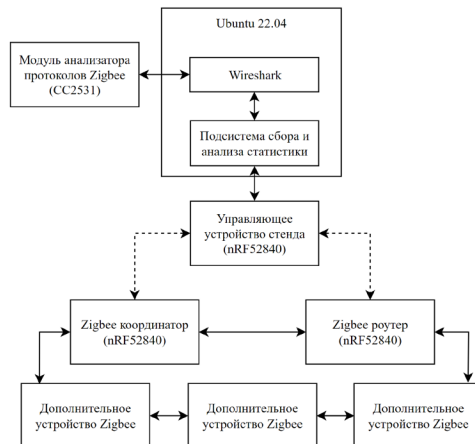


Рис. 1. Архитектура стенда для измерения характеристик сигнала

- Таким образом, основными компонентами стенда являются:
- модуль анализатора протоколов Zigbee на базе специализированной микросхемы TI CC2531, который записывает сетевой трафик для последующего анализа с помощью анализатора Wireshark [3];
 - тестовые устройства Zigbee на базе аппаратной платформы nRF52840 со специальной прошивкой;
 - подсистема сбора и анализа статистики, которая является центральным компонентом стенда и агрегирует данные с тестовых устройств и сетевой трафик после обработки в Wireshark.

На рис. 2 продемонстрирована диаграмма последовательности действий при выполнении измерений с помощью разработанного стенда.

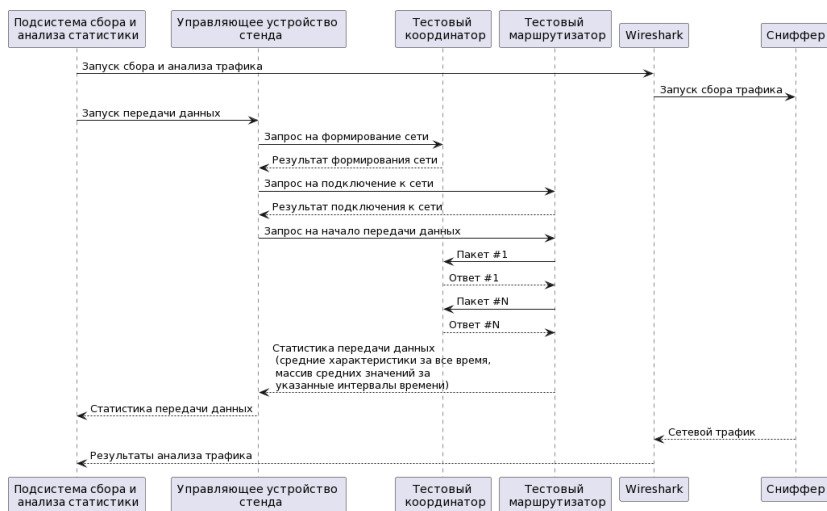


Рис. 2. Диаграмма последовательности действий при выполнении измерений

В соответствии с диаграммами, для передачи пакетов используются тестовые устройства на базе отладочной платы nRF52840 [4]. Тестовый координатор формирует сеть Zigbee, тестовый маршрутизатор подключается к данной сети и передаёт последовательность сетевых пакетов с заданными параметрами на указанное устройство.

Для данных устройств разработана специальная прошивка, которая использует сетевой стек ZBOSS, входящий в состав Nordic SDK. ZBOSS

поддерживает последние версии спецификаций Zigbee и является кроссплатформенным стеком. Он оптимизирован для работы при высокой интенсивности сетевого трафика и имеет фиксированные требования к возможностям платформы, например, таким как размеры оперативной памяти [5]. Прошивка реализует собственный пользовательский кластер ZCL с серверной ролью, который содержит обработчики команд для управления сбором статистики. Также реализовано управление режимами сбора статистики с помощью кнопок на отладочной плате.

В качестве устройства назначения может использоваться как непосредственно тестовый координатор (координаторы Zigbee являются маршрутизаторами с дополнительными функциями), так и произвольные вспомогательные устройства. Кроме того, допускается использование цепочки из нескольких тестовых маршрутизаторов, образующих произвольно заданную топологию. Для этого применяется программное ограничение видимости между указанными парами устройств.

Такое решение позволяет моделировать передачу пакетов по строго заданному маршруту, даже если стандартные алгоритмы маршрутизации могли бы выбрать другой, более оптимальный маршрут.

Подсистема сбора и анализа статистики запускается на ноутбуке с операционной системой Linux Ubuntu. Данная подсистема взаимодействует с тестовыми устройствами посредством специального управляющего устройства.

Управляющее устройство подключается к ноутбуку с помощью USB-порта, а затем используется для передачи команд на тестовые устройства и получения статистики от них.

Для того, чтобы избежать необходимости проводных соединений с тестовыми устройствами, управляющее устройство выполнено в виде отдельного маршрутизатора Zigbee, который подключается к тестовой сети и взаимодействует с узлами в ней с помощью беспроводной связи. Передача команд реализована с помощью клиентского пользовательского кластера ZCL.

Во время проведения измерений нередкой является ситуация потери прямой физической видимости между управляющим устройством и тестовыми устройствами, что делает отправку команд с ноутбука невозможной. Для того, чтобы пользователь сохранил возможность продолжить текущее измерение и начинать новую серию измерений, реализована возможность выполнять данные действия с помощью кнопок на устройствах.

В таком случае тестовые устройства перестают передавать статистику в подсистему сбора в реальном времени и сохраняют результаты измерений в памяти в специальной кольцевой очереди.

Как только измерения будут закончены, и пользователь восстановит прямую видимость тестовых устройств и управляющего устройства, они передадут накопленную статистику из внутренней очереди.

Таким образом, особенностью рассмотренной архитектуры является возможность автономной работы тестовых устройств на этапе выполнения измерений, а их соединение с управляющим устройством необходимо только на этапе первоначальной настройки сети и на этапе выгрузки результатов измерений. Это существенно повышает удобство использования стенда в помещениях со сложной конфигурацией и при больших расстояниях между устройствами, так как не требует сложных проводных соединений.

Заключение

Спроектированный и разработанный в рамках данного проекта стенд отвечает поставленным требованиям и позволяет собирать, накапливать и анализировать различные характеристики сигнала при беспроводной передаче данных в сетях Zigbee. Полученные результаты могут использоваться для дальнейшего построения и проверки моделей передачи данных в различных условиях окружающего пространства.

Стенд является расширяемым, позволяет формировать произвольные архитектуры сетей и моделировать различные сценарии передачи данных, варьируя тип и размер сетевых пакетов, интенсивность трафика и его маршруты. С помощью использования Wireshark осуществляется анализ трафика в сети в целом, а также вычисление и сбор дополнительной статистики.

Список литературы

1. IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) [сайт]. – URL: <https://standards.ieee.org/ieee/802.15.4/3582/> (дата обращения 12.12.2024)
2. ZigBee Specification [сайт]. – URL: <https://zigbeealliance.org/wp-content/uploads/2019/11/docs-05-3474-21-0csg-zigbee-specification.pdf> (дата обращения 12.12.2024)
3. A USB-Enabled System-On-Chip Solution for 2.4-GHz IEEE 802.15.4 and ZigBee Applications [сайт]. – URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2531.pdf?ts=1705618934002> (дата обращения 12.12.2024)

4. Nordic Semiconductor nRF52840 product specification v1.1. / Nordic Semiconductor – nRF52840 Datasheet, February 2019 – 619 с.
5. Справочник по API сетевого стека ZBOSS [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа : https://developer.nordicsemi.com/nRF_Connect_SDK/doc/zboss_api_doc/modules.html

Моделирование модовой голографии в мелководном волноводе с нерегулярной батиметрией

С. А. Переселков, email: pereselkov@yandex.ru

В. М. Кузькин, email: kumiov@yandex.ru

П.В. Рыбьянец, email: rybyanets.edu@yandex.ru

С.А.Ткаченко, email: tkachenko.edu@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В работе представлены результаты численного моделирования голографического метода выделения мод в мелководном гидроакустическом волноводе с нерегулярной нижней границей (дном). Рассмотрены различные случаи нерегулярностей дна, обуславливающих горизонтальную рефракцию и взаимодействие мод. Показано, что нерегулярность дна не приводит к потере идентичности модовых характеристик сигнала: моды выделяются, их параметры восстанавливаются. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-61-10024, <https://rscf.ru/project/23-61-10024/>*

***Ключевые слова:** гидроакустический волновод, нерегулярная граница, модовая голография, выделение мод, голографическая интерферометрия, звуковое поле, численное моделирование.*

Введение

В настоящее время для разрешения мод в мелком море с использованием одиночных приемников в основном используются преобразование Вигнера [1] и метод Time-Warping [2]. В данной работе изложен голографический метод выделения мод и оценок их параметров с использованием одиночного приемника, основанный на двумерном частотно-временном преобразовании Фурье поля движущегося источника [3]. Приведены результаты численного моделирования по реконструкции параметров мод: амплитуды, действительной (постоянной распространения) и мнимой (модального коэффициента затухания) части горизонтального волнового числа, групповой скорости.

1. Модель адаптивной голографической обработки сигналов

Звуковое давление точечного широкополосного источника на горизонтальном расстоянии r от одиночного приемника запишем в виде

произведения спектра сигнала $S(\omega) = |S(\omega)| \exp[i\varphi_s(\omega)]$ на передаточную функцию канала

$$p(t, \omega) = S(\omega) \sum_m A_m(\omega, t) \exp[-\gamma_m(\omega)(r_0 + wt)] \exp[ih_m(\omega)(r_0 + wt)] = \sum_m p_m(\omega, t) \quad (1)$$

Здесь $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$, $\omega_{1,2} = \omega_0 \mp (\Delta\omega/2)$, $\Delta\omega$ и ω_0 – ширина и средняя частота спектра, $\omega = 2\pi f$ круговая частота; r_0 – начальное горизонтальное расстояние в момент времени $t_0 = 0$; w – радиальная скорость источника; $A_m(\omega, r)$, $h_m(\omega)$ и $\gamma_m(\omega)$ – амплитуда, постоянная распространения и модальный коэффициент загухания m -й моды. Цилиндрическое расхождение поля, глубины источника z_s и приемника z_q учитываются в амплитуде моды.

К выражению (1) применим двумерное преобразование Фурье

$$F(\tau, \tilde{\nu}) = \int_0^{\Delta t} \int_{\omega_1}^{\omega_2} p(t, \omega) \exp[i(\tilde{\nu}t - \omega\tau)] dt d\omega = \sum_m F_m(\tau, \tilde{\nu}) \quad (2)$$

где Δt – время наблюдения; τ и $\tilde{\nu} = 2\pi$ – время и круговая частота голограммы. На голограмме (2) записывается поле источника во всех промежуточных состояниях, которые он последовательно проходит за время наблюдения. В линейном приближении волноводной дисперсии и фазового спектра сигнала парциальная голограмма $F_m(\tau, \tilde{\nu})$ m -й моды равна [3]

$$F_m(\tau, \tilde{\nu}) = |S(\omega_0)| A_m(\omega_0, r_0) \exp[-\gamma_m(\omega_0)r_0] \Delta\omega \Delta t \exp[i_m \Phi(\tau, \tilde{\nu})] \times \frac{\sin \left\{ \left[r_0 \frac{dh_m(\omega_0)}{d\omega} + t_s - \tau \right] \frac{\Delta\omega}{2} \right\}}{\left[r_0 \frac{dh_m(\omega_0)}{d\omega} + t_s - \tau \right] \frac{\Delta\omega}{2}} \frac{\sin \left\{ [wh_m(\omega_0) + \tilde{\nu}] \frac{\Delta t}{2} \right\}}{[wh_m(\omega_0) + \tilde{\nu}] \frac{\Delta t}{2}} \quad (3)$$

где $t_s = d\varphi_s(\omega_0)/d\omega$, $\Phi_m(\tau, \tilde{\nu})$ – фаза.

$$\Phi_m(\tau, \tilde{\nu}) = \left(\tilde{\nu} \frac{\Delta t}{2} - \tau \omega_0 + \varphi_s(\omega_0) \right) + h_m \left(r_0 + w \frac{\Delta t}{2} \right). \quad (4)$$

В (3) положено приближение $r_0 \gg w\Delta t$. Спектральная плотность голограммы (2) локализована в малой области в форме фокальных пятен, отвечающих отдельным модам.

Информация о постоянных распространения мод и их производных по частоте определяется координатами пиков фокальных пятен

$$\tau_m = r_0 / \dot{u}_{gm}(\omega_0) + t_s, \quad \tilde{v}_m = -w\dot{h}_m(\omega_0) \quad (5)$$

где $u_{gm}(\omega_0) = d\omega / dh_m(\omega_0)$ – групповая скорость m -й моды на частоте ω_0 . Оценки параметров мод, в отличие от их истинных значений, обозначены точкой сверху.

2. Компьютерный эксперимент

Моделирование проведено для горизонтально-однородного волновода глубиной $H = 70$ м. Параметры однородного поглощающего жидкого дна: комплексный показатель преломления $n = 0.88(1 + i0.014)$, плотность $\rho = 1.8$ г/см³. Источник, расположенный на глубине $z_s = 30$ м, с радиальной скоростью $w = 2$ м/с приближался к одиночному приемнику. Глубина приемника $z_q = 60$ м. В момент времени $t_0 = 0$ начальное расстояние между источником и приемником $r_0 = 10$ км. Диапазон частот $f = 100 - 150$ Гц, средняя частота спектра $f_0 = 125$ Гц. Амплитудный спектр сигнала полагался равномерным и равным единице, фаза – постоянной. Время наблюдения $\Delta t = 20$ с, длительность реализации $T = 0.75$ с, временной интервал $\delta T = 0.25$ с, число временных интервалов $J = 20$. При моделировании задавались три моды.

На рис. 1 представлены нормированные интерферограмма (а, б) и голограмма (в) модельного сигнала. На рис. 1а показан модуль вещественной части интерферограммы в полосе спектра сигнала, а на рис. 1б – ее фрагмент в узкой полосе, на котором прослеживаются интерференционные полосы, обусловленные межмодовой и внутримодовой дисперсией. Фокальные пятна на рис. 1в разрешаются по временам прихода модовых импульсов. Фурье-преобразование от мнимой части интерферограммы приводит к аналогичному виду голограммы. Координаты максимумов фокальных пятен: $\tau_1 = 6.7763$ с, $v_1 = -0.1654$ Гц; $\tau_2 = 6.8663$ с, $v_2 = -0.1640$ Гц; $\tau_3 = 7.0645$ с, $v_3 = -0.1600$ Гц.

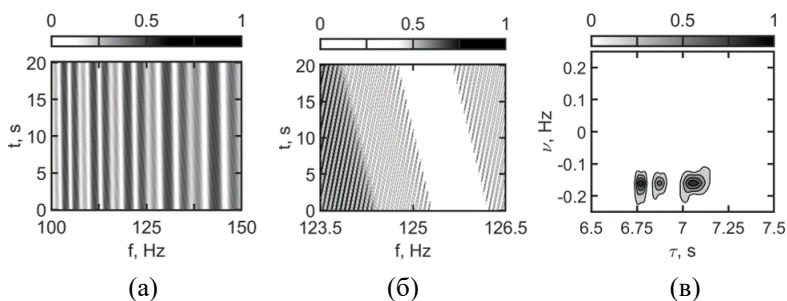


Рис. 1. Модуль вещественной части спектрограммы (а, б) и голограмма (в).

Заключение

В работе представлены результаты численного моделирования голографического метода выделения мод в мелководном гидроакустическом волноводе с нерегулярной нижней границей (дном). Рассмотрены различные случаи нерегулярностей дна, обуславливающих горизонтальную рефракцию и взаимодействие мод. Показано, что нерегулярность дна не приводит к потере идентичности модовых характеристик сигнала: моды выделяются, их параметры восстанавливаются.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-61-10024, <https://rscf.ru/project/23-61-10024/>.

Список литературы

1. Belov A.I. Estimating the acoustic parameters of a model of a shallow-water seafloor using a priori geological and geophysical information and the Wigner transform / A.I. Belov, G.N. Kuznetsov // *Acoust. Phys.* 2014. 60(2). – P. 191-196.
2. Bonnel J.Chapman R. Nonlinear time-warping made simple: A step-by-step tutorial on underwater acoustic modal separation with a single hydrophone / J. Bonnel, A. Thode, D. Wright // *J. Acoust. Soc. Am.* 2020. 147(3). – P. 1897-1926.
3. Kuz'kin V.M. Mode Selection in Oceanic Waveguides / V.M. Kuz'kin, Yu.V. Matvienko, S.A. Pereselkov, D.Yu. Prosovetskii, E.S. Kaznacheeva // *Physics of Wave Phenomena.* 2022. 30(2). – P. 111-118.

Компьютерная модель адаптивной голографической обработки сигналов в океаническом волноводе при наличии внутренних волн

С. А. Переселков, email: pereselkov@yandex.ru¹

В. М. Кузькин, email: kumiov@yandex.ru¹

П.В. Рыбьянец, email: rybyanets.edu@yandex.ru¹

Н.В. Ладыкин, email: ladykin.edu@yandex.ru¹

¹ Воронежский государственный университет

Аннотация. В работе разработана компьютерная модель для адаптивного алгоритма голографической обработки гидроакустических сигналов в нерегулярном океаническом волноводе. В рамках построенной модели предполагается, что нерегулярность волновода обусловлена внутренними волнами, вызывающими горизонтальную рефракцию и взаимодействие мод звукового поля. Представлены результаты численных экспериментов. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-61-10024, <https://rscf.ru/project/23-61-10024/>.

Ключевые слова: океанический волновод, внутренние волны, звуковое поле, голографическая обработка, адаптивный алгоритм, численное моделирование.

Введение

Вопросы разработки адаптивных алгоритмов локализации малозумных источников рассматриваются как одна из слабо разработанных проблем и являются предметом активных исследований. Трудности подхода к ее решению обусловлены причинами, затрудняющими успешную реализацию традиционных методов обработки в реальных океанических волноводах [1,2]. Интерферометрическая обработка во многом свободна от ограничений, присущих методу согласованного поля [2], что позволило разработать адаптивный алгоритм. Он решает проблему обнаружения и локализации малозумного источника в акватории при отсутствии данных о гидроакустических характеристиках [3].

В настоящей статье представлены результаты численного эксперимента по реализации алгоритма адаптации в нерегулярном океаническом волноводе.

В рамках построенной модели предполагается, что нерегулярность волновода обусловлена внутренними волнами, вызывающими горизонтальную рефракцию и взаимодействие мод звукового поля [4].

1. Модель адаптивной голографической обработки сигналов

Под адаптацией интерферометрического метода локализации источника понимается возможность определения радиальной скорости и удаления источника посредством измерения связанных с ними величин или с коэффициентами (1), (2) на фоне малого входного отношения сигнал/помеха (с/п) в отсутствие знания о передаточной функции волновода. Такими величинами, как показано в, могут служить пеленг источника и частотный сдвиг интерференционных максимумов волнового поля для разнесенных на горизонтальное расстояние d приемников Q_1 и Q_2 (рис. 1).

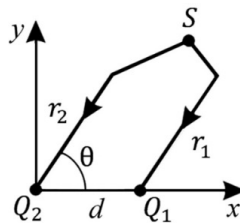


Рис. 1. Схема расположения источника S и приемников $Q_{1,2}$.

Фазовый вариант адаптации основан на фазовом представлении голограммы, чувствительной к радиальной скорости источника. Радиальную скорость и удаление можно также оценить двумя методами, регистрируя частотный сдвиг интерференционных максимумов волнового поля. Далее будем считать $r_1, r_2 \gg w\Delta t$.

Частотные сдвиги за время наблюдения в точках наблюдения Q_1 и Q_2 равны соответственно

$$\Omega_1 = -\frac{1}{2\pi} \frac{w\Delta t}{r_1} \frac{\kappa_{r_{\text{и}}}}{\kappa_{w_{\text{и}}}} \quad (1)$$

$$\Omega_2 = -\frac{1}{2\pi} \frac{w\Delta t}{(r_1 + d\cos\theta)} \frac{\kappa_{r_{\text{и}}}}{\kappa_{w_{\text{и}}}} \quad (2)$$

В результате для разности частотных сдвигов получаем

$$\Delta\Omega_{\Delta t} = \Omega_1 - \Omega_2 \approx \Omega_1 \frac{d\cos\theta}{r_1} \quad (3)$$

откуда удаление

$$r_1 = \left| \frac{\Omega_1}{\Delta\Omega_{\Delta t}} d\cos\theta \right| \quad (4)$$

Подставив (4) в (1), находим

$$|\dot{w}| = \left| \frac{\Omega_1}{\Omega_0} \frac{\Delta\Omega}{\Delta\Omega_{\Delta t}} \frac{d\cos\theta}{\Delta t} \right| \quad (5)$$

Таким образом, фазовый вариант адаптации позволяет определять удаление (4) и радиальную скорость (5) через пеленг и частотные сдвиги, не прибегая к информации о коэффициентах $\kappa_{\text{нц}}$ и $\kappa_{\text{рц}}$.

2. Компьютерный эксперимент

В рамках построенной модели адаптивной голографической обработки проведен компьютерный эксперимент в нерегулярном волноводе с параметрами близкими к параметрам эксперимента SWARM'95 [5].

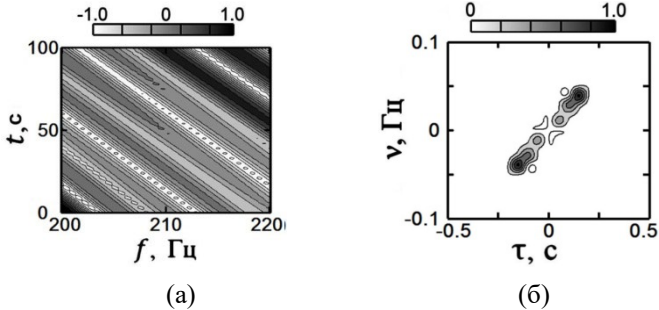


Рис. 2. Интерферограмма (а) и голограмма (б) на приемнике Q_1 .

При этом предполагается, что нерегулярность волновода обусловлена внутренними волнами, вызывающими горизонтальную рефракцию и взаимодействие мод звукового поля. Результаты моделирования для случая, когда внутренний солитон находится на акустической трассе между источником и приемником приведены на рис. 2, 3.

Вертикальным пунктиром обозначено положение основного максимума. В силу малого расстояния между приемниками, интерферограмма и голограмма в точках приема практически идентичны. На рис. 3 показаны взаимокорреляционные функции между токами приема в разные моменты времени (рис. 3 (а, б)).

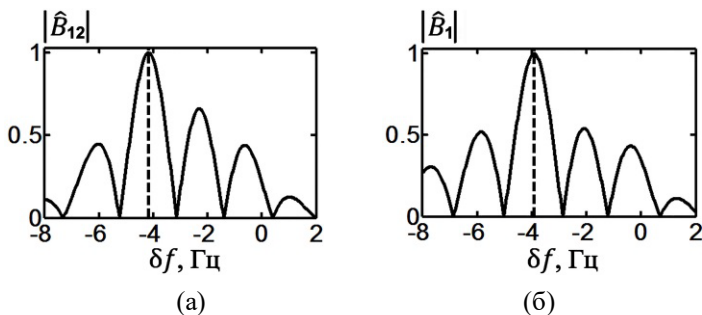


Рис. 3. Взаимокорреляционные функции спектров:
а) $B_{12}(\delta f, 0)$; б) $B_{12}(\delta f, \Delta t)$.

Обострение максимумов взаимокорреляционных функций по сравнению с маломодовым режимом связано с частотным масштабом изменчивости передаточной функции волновода. Из рис. 3 следует, что частотные смещения $\Omega_0 = -4.17$ Гц, $\Omega_{\Delta t} = -4.34$ Гц, $\Omega_1 = -3.92$ Гц, $\Omega_2 = -3.77$ Гц. Из (4), (5) получаем оценки $\dot{r}_1 = 2.61$ м, $\dot{w} = -3.55$ м/с. Таким образом, в обоих случаях оценки удаления и радиальной скорости близки модельным значениям.

3. Заключение

В работе разработана компьютерная модель для адаптивного алгоритма голографической обработки гидроакустических сигналов в нерегулярном океаническом волноводе. В рамках построенной модели предполагается, что нерегулярность волновода обусловлена внутренними волнами, вызывающими горизонтальную рефракцию и взаимодействие мод звукового поля. Представлены результаты численных экспериментов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-61-10024, <https://rscf.ru/project/23-61-10024/>.

Список литературы

1. Бреховских Л.М. Теоретические основы акустики океана / Л.М. Бреховских, Ю.П. Лысанов М.: Наука, 2007. 370 с.
2. Сазонтов А.Г. Согласованная пространственная обработка сигналов в подводных звуковых каналах (Обзор) / А.Г. Сазонтов, А.И. Малеханов // Акуст. журн. 2015. Т. 61. № 2. С. 233–253.
3. Белов А.И. Оценка акустических характеристик поверхностных слоев морского дна с использованием четырехкомпонентных векторно-скалярных приемников / А.И. Белов, Г.Н. Кузнецов // Акуст. журн. 2016. Т. 62. № 2. С. 194–202.
4. Kaznacheeva E.S. Measurement capability of the interferometric method of sound source localization in the absence of data on the waveguide transfer function / E.S. Kaznacheeva, G.N. Kuznetsov, V.M. Kuz'kin G.A. Lyakhov, S.A. Pereselkov // Phys. Wave Phenom. 2019. V. 27. N. 1. P. 73–78.
5. Гудмен Д. Введение в фурье-оптику. / Д. Гудмен Пер. с англ. М.: Мир, 1970. 364 с.

Алгоритм оценки показателей электромагнитной доступности средств авиационной радиосвязи

М. И. Пихтелев, e-mail: misha88883@rambler.ru

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru

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

Аннотация. Проведен анализ факторов, влияющих на электромагнитную доступность средств воздушной радиосвязи, позволяющий уточнить требования к адаптивным сетям авиационной радиосвязи и определить основные направления их совершенствования.

Ключевые слова: электромагнитная доступность, воздушная радиосвязь, демаскирующие признаки, радиоэлектронная разведка.

Введение

Производимые научные исследования в области информационно-телекоммуникационных технологий, автоматизированных и автоматических систем, искусственного интеллекта и других перспективных направлений, а также их реализация в технических системах военного назначения, позволили качественно преобразить характер и ход современных военных конфликтов.

Важнейшее место в военных действиях заняло информационное противоборство, целью которого является достижение информационного превосходства в управлении силами и средствами на поле боя. Основными задачами информационного противоборства являются: информационное обеспечение своих сил и средств, а также срыв информационного обеспечения и дезинформация сил и средств противоборствующей стороны (рис.) [1].



Рисунок. Модель информационного противоборства в современном военном конфликте

В условиях информационного противоборства, устойчивое и непрерывное управление авиацией требует совершенствования технической основы системы управления, которой является система связи и радиотехнического обеспечения (РТО).

К системе связи и РТО предъявляются жесткие требования своевременному, непрерывному и безопасному обмену всеми видами информации между пунктами управления и авиационными комплексами в любых условиях обстановки. При этом основными средствами управления авиацией в воздухе являются средства радиосвязи, которые в силу физических принципов действия обладают рядом демаскирующих признаков (ДМП), повышающих их электромагнитную доступность (ЭМД) для средств радиоэлектронной разведки (РЭР). Вскрытие системы авиационной радиосвязи повышает вероятность радиоэлектронного поражения ее элементов, либо огневого поражения авиационных комплексов [2].

Таким образом, снижение электромагнитной доступности (ЭМД) средств авиационной радиосвязи является актуальной задачей, которая может быть решена на основе оптимизации ее показателей.

Целью работы является обоснование алгоритма оценки показателей ЭМД средств авиационной радиосвязи, функционирующих в условиях информационного противоборства.

1. Обоснование показателей ЭМД средств авиационной радиосвязи

Под ЭМД будем понимать максимальную дальность до разведываемого радиоэлектронного средства (РЭС), при которой обеспечивается надежный радиокontakt его со средствами РЭР [3]. Тогда оценка ЭМД средств радиосвязи как объектов РЭР может быть произведена на основе показателей, характеризующих возможность средств РЭР обнаруживать, принимать и обрабатывать сигналы средств радиосвязи. При этом логика работы системы РЭР заключается в последовательном выполнении следующих мероприятий [4]:

- обнаружение радиоизлучений;
- определение местоположения источника радиоизлучения (ИРИ);
- радионаблюдение ИРИ с целью анализа характеристик и параметров его сигналов;
- выявление характерных признаков РЭС и определение его принадлежности.

Обнаружение ИРИ является основанием для выполнения остальных мероприятий РЭР и заключается в установлении энергетического контакта станцией РЭР с ИРИ. Для выполнения

последующих мероприятий необходимо поддержание энергетического контакта станции РЭР и средства радиосвязи в течение промежутка времени, не меньшего требуемого для анализа приемником станции РЭР характеристик и параметров радиосигнала. Тогда оценка ЭМД средств радиосвязи как объектов РЭР может производиться на основе показателей, характеризующих энергетическую и временную доступность ИРИ.

Энергетическую доступность средств радиосвязи можно оценить вероятностью правильного обнаружения, характеризующей способность средств РЭР обнаруживать ИРИ [4]:

$$P_{\text{по}} = 1 - \Phi\left(\frac{h - q_p}{\sqrt{q_p}}\right), \quad (1)$$

где $\Phi(x)$ – интеграл вероятности; h – пороговое значение обнаружения сигнала на фоне помехи, определяемое по заданному значению вероятности ложной тревоги; q_p – отношение сигнал/помеха на входе приемника системы РЭР.

Согласно критерию Неймана-Пирсона, пороговое значение h определяется по заданному значению вероятности ложной тревоги, которую, как правило, выбирают равной 10^{-3} [4].

Для оценки временной доступности средств радиосвязи будем использовать вероятность временной доступности РЭС [2]:

$$P_{\text{вд}} = \frac{1 - e^{-t_{\text{а ср}}/t_{\text{и ср}}}}{t_{\text{а ср}}/t_{\text{и ср}}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{а ср}}$ – среднее время анализа приемником станции РЭР характеристик и параметров радиосигнала; $t_{\text{и ср}}$ – среднее время работы разведываемого РЭС на одной частоте.

Выражение (2) является вероятностью временной доступности РЭС при условии, что энергетический контакт между РЭС и станцией РТР установлен. При этом считаем, что время излучения имеет экспоненциальное распределение, а время анализа распределено по постоянному закону.

В качестве обобщенного показателя ЭМД предлагается рассмотреть коэффициент ЭМД, представляющий собой произведение вероятности правильного обнаружения (1) на условную вероятность временной доступности (2).

$$K_{\text{эмд}} = P_{\text{по}} \cdot P_{\text{вд}}. \quad (3)$$

Таким образом, показатели (1) и (2), входящие в выражение (3) являются частными показателями ЭМД. При этом оценку показателей ЭМД средств авиационной радиосвязи предлагается производить на основе расчета частных показателей (1) и (2) входящих в выражение (3).

2. Алгоритм оценки показателей ЭМД средств авиационной радиосвязи

Так как мероприятия РЭР начинают осуществляться только после обнаружения факта излучения РЭС, то оценку коэффициента ЭМД целесообразно производить последовательно с учетом логики работы средств РЭР.

Для оценки ЭМД средств авиационной радиосвязи по частному показателю (1), примем равными единице временной показатель ЭМД ($P_{вд} = 1$). При этом отношение сигнал/помеха на входе приемника системы РЭР определяется выражением [2]:

$$q_p = P_{РЭС} / P_n \quad (4)$$

где $P_{РЭС}$, P_n – мощность полезного сигнала РЭС и мощность помеховых сигналов на входе приемника системы РЭР.

Мощность сигнала на входе приемника системы РЭР может быть определена из уравнения передачи [5]:

$$P_{с РЭС} = \frac{P_{пер РЭС} \cdot G_{А пер р} \cdot G_{А пр р} \cdot \lambda^2}{16\pi^2 \cdot D_p^2 \cdot W_p \cdot W_{пр р}} \quad (5)$$

где $P_{пер РЭС}$ – мощность передатчика РЭС; $G_{А пер р}$, коэффициент усиления передающей антенны РЭС в направлении на приемник РЭР; $G_{А пр р}$ – коэффициент усиления приемной антенны системы РЭР в направлении на РЭС; λ – длина волны; D_p – расстояние между РЭС и приемником системы РЭР; W_p – коэффициент, учитывающий дополнительные потери сигнала в радиоканале; $W_{пр р}$ – коэффициент, учитывающий потери сигнала в приемнике системы РЭР.

Будем считать, что мощность помех P_n на входе приемника системы РЭР определяется только непреднамеренными помехами, уровень которых определим из выражения [5]:

$$P_n = P_{ни} = k \cdot (\eta_{А пр} \cdot \eta_{ф пр} \cdot T_n + T_0 (1 - \eta_{А пр} \cdot \eta_{ф пр})) \cdot \Delta f_{пр} \quad (6)$$

где k – постоянная Больцмана; $\Delta f_{пр}$ – полоса пропускания приемника; $\eta_{А пр}$ – КПД приемной антенны; $\eta_{ф пр}$ – КПД фидера приемной антенны;

T_0 – стандартная температура окружающей среды; $T_{\text{н}}$ – эффективная шумовая температура внешних источников помех.

Входящие в выражения (4) – (6) параметры определяются энергетическими характеристиками элементов противоборствующих систем (радиосвязи, и РЭР) и среды распространения радиоволн используемого диапазона частот. Из анализа данных выражений следует, что коэффициент ЭМД средств авиационной радиосвязи при фиксированных значениях уровней непреднамеренных и преднамеренных помех в радиоканале, будет определяться мощностью радиосигнала на входе приемника РЭР, коэффициентом усиления антенны противоборствующих систем в направлении друг на друга, используемым диапазоном частот, видом используемых сигнально-кодовых конструкций и способом их обработки.

Для оценки ЭМД средств авиационной радиосвязи по частному показателю (2), необходимо принять равной единице вероятность правильного обнаружения ($P_{\text{по}} = 1$). При этом вероятность (2) характеризует динамику процессов, протекающих в противоборствующих системах связи и РЭР, и зависит от среднего времени анализа станцией РЭР характеристик разведываемого радиосигнала и среднего времени работы на одной частоте источника этого сигнала. На практике среднее время передачи голосовых команд в сетях авиационной радиосвязи составляет 15 – 20 секунд. При этом среднее время анализа сигналов средствами РЭР, как правило, не превышает 30 секунд [6].

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет производить оценку ЭМД средств авиационной радиосвязи по энергетическому (1) и временному (2) показателям, а также обосновывать мероприятия по снижению ЭМД РЭС на основе оптимизации данных показателей.

3. Обоснование способов снижения ЭМД средств авиационной радиосвязи

Исходя из анализа выражений (1) - (6), снижение ЭМД средств авиационной радиосвязи возможно на основе минимизации частных показателей (1) и (2).

Вероятность правильного обнаружения (1) является энергетическим показателем, определяющимся отношением сигнал/помеха на входе приемника станции РЭР и зависит от уровня мощности сигнала, излучаемого передатчиком разведываемой РЭС. Следовательно, снижение вероятности обнаружения требует минимизации излучаемой мощности передатчиков средств авиационной радиосвязи. С учетом необходимости обеспечения требуемой

достоверности связи, данная задача является неоднозначной и может быть решена только на основе комплексного применения адаптации по мощности и способов повышения достоверности связи. К наиболее эффективным из них относятся: применение антенн с высокими направленными свойствами; использование помехоустойчивых (широкополосных) сигналов и помехоустойчивого кодирования; разнесенный прием в совокупности с компенсаторами помех; ретрансляция по составным и параллельным радиолиниям [6].

Вероятность временного доступа (2) является временным показателем, который характеризует динамику процессов, протекающих в противоборствующих системах связи и РЭР, и зависит от среднего времени анализа станцией РЭР характеристик разведываемого сигнала и среднего времени работы на одной частоте его источника. Следовательно, снижение вероятности (2) требует минимизации времени излучения средств авиационной радиосвязи на одной частоте. Для решения данной задачи может быть использован режим программной (псевдослучайной) перестройкой рабочей частоты (ППРЧ), реализованный в современных радиостанциях [5]. Также, для минимизации времени излучения может быть реализован способ попеременной ретрансляции [7].

Таким образом, для оптимизации частных показателей помехозащищенности необходимо воздействовать на различные параметры сети связи, характеризующие ее структуру, энергетические параметры ее элементов, динамику их взаимодействия.

Заключение

Разработанный алгоритм оценки ЭМД средств авиационной радиосвязи основан на расчетах частных показателей ЭМД, характеризующих соответственно энергетических характеристики сторон информационного противоборства и динамику их поведения в ходе течения конфликта. Предложенный алгоритм позволяет обосновывать мероприятия по снижению ЭМД РЭС на основе оптимизации данных показателей.

Дальнейшая оптимизация показателей электромагнитной доступности средств авиационной радиосвязи возможна на основе адаптивного управления параметрами сети радиосвязи, характеризующие ее структуру, энергетические параметры ее элементов, динамику их взаимодействия.

Список литературы

1. Ласточкин, Ю.И. Анализ современных концепций по ведению операций в электромагнитном спектре с позиций радиоэлектронной

борьбы / Ю. И. Ласточкин, Ю.Е. Донсков, А.Л. Морареску // Военная мысль. – 2021. – №4 – С. 29-38.

2. Боговик, А.В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А.В. Боговик, В.В. Игнатов – С.Пб.: ВАС, 2006. – 184 с.

3. Руденко, В. М. Электромагнитная доступность к источникам радио и радиотехнических излучений / В. М. Руденко. – М.: Гелиос арв, 2009. – 231 с.

4. Цветнов, В.В. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие / В.В. Цветнов, В.П. Демин, А.И. Куприянов– М.: МАИ, 1998. – 248 с.

5. Макаренко, С. И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века. Монография / СИ. Макаренко. – СПб.: Научные технологии, 2017. – 546 с.

6. Рябов, А.В. Анализ существующих авиационных радиосетей, перспективы их развития / А.В. Рябов, А.Е. Алексеев, А.В. Ананьев // Сборник научных статей XI Международной НТК, посвященной Дню образования войск связи «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией», 19-20 февраля 2022 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2022. – С.124-128.

7. Рябов, А.В. Сеть радиосвязи с адаптивным управлением временем излучения передатчиков / А.В. Рябов, А.С. Скорик // Труды VI Всероссийской научно-практической конференции «Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития» посвященной Дню радио и связи / Тамбов, ТГУ 5-6 мая 2021 г.: [сб. мат-лов]. – Тамбов: ТГТУ, 2021. – С. 346-354.

Моделирование работы средства измерения количества осадков и высоты снежного покрова

В.В. Попов, email: copybook05@yandex.ru

Н.В. Михалев

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

***Аннотация.** В статье рассматривается процесс моделирования работы датчика осадков с датчиком высоты снежного покрова в сложных атмосферных условиях. Предложены усовершенствованные алгоритмы работы контроллера измерителя осадков, модернизированный усилительный тракт и новые схемы узкополосной фильтрации для датчика высоты снежного покрова.*

***Ключевые слова:** высота снежного покрова, измеритель осадков, датчик, погрешность измерений, конструктивные решения, модельные исследования.*

Введение

В настоящее время распространены два типа автоматизированных измерителей количества осадков – весовые и типа – «счетчик».

Весовые датчики накапливают осадки в резервуар, измеряют вес накопленных осадков на временном интервале. К достоинствам таких измерителей можно отнести то, что они мгновенно взвешивают уловленные жидкие, твердые и смешанные осадки (измерения не связаны с предварительным расплавлением осадков). Однако резервуары весовых датчиков осадков необходимо вручную опорожнять, что является их недостатком, но с другой стороны, в случае отключения электропитания, можно определить количество осадков, выпавшее за время отсутствия электропитания (отсутствия данных от датчика) [1].

В датчиках типа «счетчик», осадки накапливаются поочередно в чаши коромысла, которые имеют фиксированный объем (как правило, соответствующий ~0,1 мм, что соответствует дискретности измерений таких датчиков), при заполнении чаши – коромысло перевешивается и осадки сбрасываются в отверстие в основании. Микроконтроллер считает количество перевешиваний и суммирует количество пролитых осадков [2].

К недостаткам «счетчиков» следует отнести:

необходимость предварительного плавления твердых осадков для

проведения измерений (что требует времени и невозможно при слишком низких температурах);

чувствительность датчика к отключению электропитания (при отключении электропитания количество перевешиваний коромысла не фиксируется, информация о выпавших осадках может быть недостоверной);

необходимость системы обогрева для отдельных элементов конструкции (приемная чаша, коромысло, выпускные отверстия);

необходимость периодического контроля и при необходимости очистки фильтра, установленного в выпуске воронки.

Учитывая стоимостные показатели ультразвукового и лазерного датчиков высоты снежного покрова и опасность лазерного излучения для органов зрения, в работе предложено использовать датчик ультразвукового типа.

1. Конструктивные решения

На начальном этапе при разработке измерителя количества осадков датчик был доработан путем установки более точных цифровых датчиков температуры, объединенных шиной I-Wire.

Рассматриваемый датчик имеет наибольшую площадь приемного отверстия, что должно обеспечивать лучшую чувствительность и точность измерений, но осложняет задачу расплавление твердых осадков.

Также для модернизируемого датчика был разработан блок электроники и монтажный комплект. Задачи блока электроники заключаются в измерении температуры в четырех точках на чаше и в основании под счетным коромыслом, а также управление обогревом с целью поддержания температуры чаши на уровне 3°C вне зависимости от направления ветра, измерения количества сигналов с геркона и формирования на основании калибровочных данных информации о зарегистрированном количестве осадков.

В соответствии с результатами моделирования работы датчика высоты снежного покрова предлагаются следующие конструктивные исполнения и конструкторские решения:

использование импортного датчика будет прекращено, а вместо него будет разработана отечественная конструкция;

блок электроники будет разработан на базе универсального блока питания;

конструкция монтажного комплекта будет переработана с учетом опыта эксплуатации датчиков.

В модернизированный измеритель количества осадков введен дополнительный локальный обогрев выпуска коллектора, области

коромысла и выпускных отверстий (трубок) сброса воды. В качестве элемента обогрева выбран саморегулирующийся греющий кабель. Данное решение является оптимальным, так как греющие кабели специально предназначены для защиты водопроводных труб от промерзания, наилучшим образом подходят для защиты выпуска коллектора и выпускных отверстий с трубками от промерзания, доступны и просты в монтаже и эксплуатации. Зона обогрева коромысла защищена дополнительным кожухом, препятствующим быстрому рассеиванию тепла в области коромысла.

2. Структурная схема измерителя

Структурная схема измерителя количества осадков в модификации, включающей датчик высоты снежного покрова приведена на рисунке.



Рисунок. Структурная схема датчика осадков с датчиком высоты снежного покрова

При измерении высоты снежного покрова (расстояния до снежной поверхности) лазерным или ультразвуковым методом основной проблемой является обработка отраженного сигнала, при этом в

определенных условиях лазерный луч отражается от снежной поверхности лучше ультразвука, что в первую очередь позволяет расширить реальный диапазон измерений высоты снежного покрова. При этом площадь облучения больше у ультразвукового датчика (лучше репрезентативность измерений) [3, 4].

3. Реализация новых конструкторских решений на этапе модельных исследований

Моделирование показало, что использование функционала универсального блока питания позволит решить все необходимые вычислительные задачи, связанные с измерением количества осадков, в том числе:

- регистрация смены положения измерительного коромысла;
- опрос датчиков температуры в приемном коллекторе (4 шт.) и датчика температуры измерительного коромысла;
- управление мощностью обогрева по контуру приемного коллектора и контуру измерительного коромысла. Дозированная подача мощности будет осуществляться за счет широтно-импульсной модуляции.

Наличие в блоке питания экрана и клавиатуры, а также Web-интерфейса позволит снабдить измеритель интеллектуальными алгоритмами энергосбережения. Например, можно будет накапливать твердые осадки и готовить результат измерений к определенному часу. В этом случае, обладая информацией о температуре охлажденного приемного коллектора, контроллер блока питания сможет рассчитать время для расплавления собранных твердых осадков.

Как было отмечено выше, ультразвуковой метод измерения высоты снежного покрова является оптимальным с точки зрения конструктивной сложности измерителя, технологической трудоемкости его изготовления и позволяет полностью выполнить требования потребителей. При этом на этапе моделирования для датчика высоты снежного покрова были реализованы следующие положения:

- отказ от использования импортного первичного преобразователя;
- повышение стабильности показаний в снегопадах;
- сохранение точностных характеристик при измерении свежевывавшего снега, под которым находится слежавшийся слой, отражающий зондирующее излучение с большей эффективностью;
- использование результатов модернизации измерителя параметров ветра в схеме возбуждения ультразвуковых приемопередатчиков. В частности, аналогично с измерителем параметров ветра, возбуждение будет осуществляться импульсами высокого напряжения, подаваемыми в соответствии с резонансной частотой приемо-передатчика. Данный

подход позволит использовать эффект резонанса для повышения мощности передатчика;

- разработка усилительного тракта, а также схемы узкополосной фильтрации с учетом рабочих частот в 40 кГц;

- установка двух ультразвуковых приемопередатчиков, что позволит расширить нижний диапазон измерений, а также повысить временную стабильность измерений за счет взаимовычитания задержек, вносимых усилительным трактом и узкополосной фильтрацией.

Управление возбуждением ультразвуковых приемопередатчиков, а также оцифровка и анализ отраженного сигнала будет осуществляться микроконтроллером, унифицированным с измерителями видимости нижней границы облаков и измерителем параметров ветра.

Опыт производства и эксплуатации датчика высоты снежного покрова показал, что в отличие от измерителя параметров ветра, где необходимо с высокой точностью измерить время прохождения короткого участка измерительной базы путем корреляции сигнала с определенным уровнем, при измерении высоты снежного покрова, в том числе в условиях снегопада, требуется полноценный анализ структуры отраженного сигнала во времени.

Для обеспечения репрезентативности измерений датчик должен устанавливаться в зоне естественного образования снежного покрова – удаленно от объектов, предметов и обстоятельств, оказывающих влияние на его формирование. Расчистка проходов на метеорологической площадке также не должна нарушать естественный уровень образования высоты снежного покрова. В связи с этим датчик должен устанавливаться на метеорологической площадке обособленно – удаленно от других измерителей и ограждений. При этом он не должен располагаться слишком далеко от блока питания измерителя количества осадков, от которого осуществляется его питание и на который он передает результаты измерений. Таким образом, для установки датчика и обеспечения диапазона измерений высоты снежного покрова в диапазоне от 0 до 175 см необходима стойка, которая обеспечит его размещение на высоте 2,0-2,5 м.

Заключение

Этап модельных исследований измерителя осадков с датчиком высоты снежного покрова 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.

Определено, что важной задачей является усовершенствование алгоритмов работы контроллера измерителя осадков и разработка усилительного тракта и схемы узкополосной фильтрации для датчика высоты снежного покрова.

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.

Диагноз вертикального профиля ветра с использованием гидродинамических зависимостей

В.В. Попов, email: corybook05@yandex.ru
М.Д. Прокофьев

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

***Аннотация.** В статье рассматривается алгоритм расчета вертикального профиля ветра с использованием гидродинамических зависимостей. Предложена новая модель для диагноза вертикального профиля ветра в районе аэродрома.*

***Ключевые слова:** вертикальный профиль скорости ветра, гидродинамические зависимости, архивная выборка, скорость ветра.*

Введение

Наличие надежной и полной информации о направлении и скорости ветра является важным метеорологическим фактором, который оказывает непосредственное влияние на различные этапы полета воздушного судна. Поэтому при организации и проведении полетов крайне важно располагать надежной информацией о направлении и скорости ветра на период выполнения полетов.

Целью данной работы является построение модели изменения направления и скорости ветра на высотах, от уровня взлетно-посадочной полосы до высоты 1500 метров. Для этого будут использованы расчеты на основе гидродинамических зависимостей.

Необходимость в данной работе для авиации достаточно велика, так как в настоящее время в современных условиях, часть полетов осуществляется на малых и предельно малых высотах, где направление и скорость ветра играют одну из важнейших ролей и требует достаточно точной информации.

Существующие и наиболее часто используемые в практической деятельности метеорологических подразделений способы диагноза направления и скорости ветра не всегда в полной мере удовлетворяют требованиям потребителей. В связи с этим, тема исследования о получении диагностических значений вертикального профиля ветра является весьма актуальной.

Повышение качества прогнозов профиля скорости ветра можно достичь как улучшением подготовки инженеров-синоптиков, так и

созданием более эффективных диагностических методик для определенных регионов нашей страны.

Несмотря на то, что все происходящие в атмосфере явления от выбора системы координат не зависят, описание этих явлений отличается при переходе от одной системы отсчета к другой. Например, закон движения Ньютона справедлив лишь в инерциальной, (невращающейся) системе отсчета. Поэтому для практических целей важно найти уравнения, описывающие движение жидкости в неинерциальной (вращающейся) системе координат. При этом очевидно, форма этих уравнений должна быть такой, чтобы все, входящие в них параметры, измерялись бы именно в этой системе отсчета (измерения на метеоплощадке).

Перемещение частиц воздуха возникает под действием нескольких сил.

Однако при определенных условиях, некоторые из этих сил могут отсутствовать или быть настолько малыми, что ими можно пренебречь по сравнению с другими силами.

Например, центробежная сила C проявляется только тогда, когда траектории перемещающихся частиц воздуха имеют определенную кривизну. Силой трения R выше пограничного слоя часто можно пренебречь.

Кроме того, некоторые силы направлены противоположно друг другу. В результате может быть достигнуто равновесие действующих сил. Тогда ускорение частицы воздуха может быть равным нулю, хотя сама скорость $V \neq 0$, а лишь является в данном месте величиной постоянной. Такое движение воздуха при отсутствии локальных ускорений называется установившимся или стационарным.

Равновесие действующих сил является неустойчивым. Под влиянием процессов, происходящих в атмосфере (в том числе в соседних районах и на других уровнях), действующие силы изменяются, причем неодинаково, или появляются новые силы, ранее отсутствовавшие. Вновь возникающее ускорение изменяет характер атмосферных движений, что и приводит к постоянной изменчивости воздушных течений.

Действие трения в пограничном слое вызывает постоянное ослабление скоростей. При этом происходит диссипация (рассеяние) кинетической энергии, превращение ее в тепловую и другие виды энергии. Диссипация не приводит к прекращению циркуляции атмосферы лишь потому, что имеются причины, стимулирующие возникновение атмосферных движений.

Теория атмосферной циркуляции неразрывно связана с теорией изменений барического поля, в которой термический фактор рассматривается наряду с другими, часто более важными в данных условиях факторами.

В простейшем случае, когда ускорение частицы атмосферы центробежная сила и сила трения ничтожно малы, частица движется под действием двух противоположно направленных сил: барического градиента и Кориолиса. Такой тип движения называется геострофическим.

Скорость геострофического ветра является функцией барического градиента, который тем больше, чем круче наклон изобарических поверхностей к горизонту. Поэтому имеется однозначная связь между скоростью геострофического ветра и наклоном изобарических поверхностей. Наклон изобарических поверхностей пропорционально связан с горизонтальным градиентом температуры. Данная теория позволяет выделить параметры атмосферы на основе которых можно оценить изменение вертикального профиля ветра в определенном слое атмосферы.

1. Выбор архивного материала для построения модели вертикального профиля ветра

Исследование состояло из двух этапов. На первом этапе проводился анализ необходимой информации и отбор предикторов. На втором этапе использовались расчетные формулы на основе гидродинамических зависимостей для составления расчетных диагностических профилей ветра до высоты 1500 метров.

При составлении архивной выборки был использован достаточно полный и качественный архивный материал, содержащий результаты наблюдений за состоянием атмосферы по г. Воронеж за зимний период с 2010 по 2022 г.г.

В соответствии с поставленной целью была проанализирована необходимая теория о причинно-следственных связях в крупномасштабных движениях атмосферы на вращающейся Земле. По результатам анализа были определены предикторы, которые использовались в исследовании.

В перечень предикторов были включены метеовеличины, необходимые для составления профиля ветра:

T_m – средняя температура слоя;

dT/dn – градиент температуры;

V – скорость ветра на приземном слое;

α – направление ветра на приземном слое;

α_t – направление термического ветра на приземном слое;

Для проверки метода, с помощью аэрологической диаграммы, были зафиксированы следующие значения:

A – направление ветра на высоте 1500 метров;

V – скорость ветра на высоте 1500 метров;

После построения перечня предикторов была сформирована архивная выборка объемом 150 значений, фрагмент представлен в таблице.

Таблица

Фрагмент архивной выборки

№	V	α	α_t	T_m	dT/dn
1	1	20	315	266,7	0,55
2	1	310	360	268,75	1,11
3	1	185	350	270,1	1,11
4	5	350	320	268,55	0,39
5	5	180	340	271,85	0,47
6	1	285	285	271,55	0,60
7	1	40	80	270,1	0,66
8	5	225	45	274,2	0,66
9	2	315	25	272,25	1,33
10	3	230	45	273,5	1,66
11	3	280	285	269	1,33
12	2	295	337	270,1	0,55
13	4	280	270	272,65	0,66
14	4	290	80	267,6	0,51
15	4	260	315	262	0,60
16	5	280	330	271	0,44

2. Построение модели вертикального профиля ветра

Алгоритм выполнения первого этапа выполнения исследования.

На основе приземных карт и карт барической топографии находится температура воздуха на станции у земли на уровне АТ-850. На основании этих значений определяется средняя температура слоя T_m .

По карте АТ-850 и приземной карте погоды с помощью нанесенных значений, определяется фактическая скорость и направление ветра, на соответствующих высотах (V, α).

По карте АТ-850 определяется градиент температуры (при помощи градиентной линейки) и направление термического ветра на станции Воронеж.

Алгоритм выполнения второго этапа выполнения исследования.

После окончательного формирования архивной выборки определяются значения скорости термического ветра, которые рассчитываются по гидродинамической формуле изменения термического ветра с высотой.

По данным термического и фактического ветра на приземной станции производится разложение его на проекции в декартовой системе координат по классическим тригонометрическим формулам приведения.

Далее для определения направления и скорости ветра проводится нахождение его проекций на высоте на 100 метров выше от исходной. Для этого проводится расчет геострофического ветра на большей высоте за счет учета термического ветра между двумя высотами. Как известно именно термический ветер изменяет геострофический ветер с увеличением высоты.

Такие расчеты выполняются с шагом 100 метров до достижения высоты 1500 метров. В итоге рассчитывается диагностический вертикальный профиль направления и скорости ветра. Для этого используется таблицу Microsoft Office Excel, с уже запрограммированными формулами для расчета. Входные данные вводятся в программу в табличном виде.

Заключение

В ходе проведенного исследования были решены следующие задачи и получены результаты.

1. Обобщены теоретические сведения об одном из видов крупномасштабных движений атмосферы – геострофическом ветре.
2. Составлена архивная выборка за зимний период по пункту Воронеж и определены необходимые предикторы.
3. Осуществлена проверка модели диагноза профиля ветра сравнением с фактическими значениями, полученными по данным аэрологического зондирования, которая показала достаточную успешность предложенной модели.

Список литературы

1. Клемин, В.В. Динамика атмосферы : учебник / В.В. Клемин, Ю.В. Кулешов, С.С. Суворов. – Спб.: Наука, – 2013. – С. 398.
2. Попов, В.В. Геофизическая гидродинамика : учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж). – 2017. – С. 316.

Снижение статической электризации беспилотных летательных аппаратов с радиопоглощающим покрытием

С. Н. Разиньков¹, e-mail: razinkovsergey@rambler.ru,

Д. Н. Борисов², e-mail: borisov@sc.vsu.ru,

А. В. Богословский¹, e-mail: bogosandrej@yandex.ru

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. С использованием компьютерных программ *Mathcad Prime 9.0* и *MATLAB R2023* рассчитаны относительные изменения заряда беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в зависимости от параметров взвешенных в атмосфере продуктов конденсации водяного пара (облаков) при разной скорости и высоте полета. Проведен анализ условий возникновения электрического заряда на БЛА самолетного типа «Форпост-РУ» (*Searcher II*), «Иноходец» (*Orion*). Исследованы зависимости эффекта электризации поверхности фюзеляжа и крыльев от электрофизических свойств материала покрытия. Обоснованы способы уменьшения статической электризации БЛА и сопутствующих радиопомех.

Ключевые слова: Композитные радиопоглощающие покрытия, статическая электризация, беспилотный комплекс радиотехнического мониторинга, токи заряжения, антенные решетки, системы программирования и числовых вычислений.

Введение

В настоящее время современные радиоэлектронные комплексы на беспилотных летательных аппаратах (БЛА) самолетного типа используются для ведения мониторинга обстановки (70...90% от общего количества вылетов). Подъем приемно-измерительной аппаратуры над постилающей поверхностью (на 1000...4000 м) приводит к увеличению дальности прямой видимости радиоизлучающих объектов (в 5...10 раз), что обеспечивает широкий охват зоны контроля. Кроме того, при действиях в регионах со сложным рельефом преодолеваются трудности применения наземных комплексов [1].

Для уменьшения фоновой контрастности на БЛА самолётного типа наносятся радиопоглощающие покрытия, представляющие собой

полимерные композитные материалы, способные снижать вторичное электромагнитное излучение в широком диапазоне частот [1].

Практика показывает, что при пролете облаков указанными БЛА, отсчеты направлений радиоконпасов могут скачкообразно отклоняться, а показания радиовысотометров и дальномеров беспорядочно изменяться, в ряде случаев наблюдаются критические нарушения функций управления комплексами [2-4].

Вследствие статической электризации амплитуды импульсов напряжения помех на антенных элементах решетки доходят до уровней 0,3...0,5 В. Хаотичные импульсы токов создают спектр помех на многих радиочастотах. Их уровень в полосе приема на элементах антенны может достигать десятков тысяч микровольт. Для приемников радиотехнического мониторинга с чувствительностью порядка 0,3 мкВ отношение сигнал/(помеха+шум) превышает порог значений для их нормального функционирования, возникают нелинейные искажения во входных трактах, приводящие к кроссмодуляции, исключающей прием полезных сигналов [4].

За счет флуктуации фаз и амплитуд токов пеленгационной антенной решетки в пределах 10% относительное изменение уровня мощности сигнала на входе приемника, как показано в [5], может достигать 15% и 20% соответственно. При совместных изменениях фаз и амплитуд токов решетки на 10% относительное изменение уровня мощности принимаемого сигнала достигает 30%, что затрудняет построение устойчивых алгоритмов оценки угловых координат излучателей и нарушает устойчивость работы бортового пеленгагора.

Поэтому важнейшим компонентом работ по созданию мобильных радиоэлектронных комплексов со сниженной заметностью является исследование и уточнение методов уменьшения опасности электризации радиопоглощающих покрытий с установленными (нанесенными) на них приемоизлучающими структурами, обеспечивающими избирательный прием и усиление сигналов.

В предлагаемой работе с использованием компьютерных программ Mathcad Prime 9.0 и MATLAB R2023 рассчитаны относительные изменения заряда БЛА в зависимости от параметров взвешенных в атмосфере продуктов конденсации водяного пара (облаков) при разной скорости и высоте полета.

Цель работы – развитие методов снижения статической электризации фюзеляжей БЛА самолетного типа аэродромного базирования с нанесенными радиопоглощающими покрытиями.

1. Предпосылки возникновения электрического заряда на БЛА в полете

Величина заряда корпуса БЛА зависит от токов, заряжающих и разряжающих его. В их число входят токи заряжения частицами облаков и осадков, токи, генерируемые силовой установкой, токи разрядки отрывающимися частицами, токи коронирования.

Компоненты указанных токов зависят от характеристик атмосферы и БЛА. Свойства среды зависят от размеров и числа частиц облаков и осадков, степени их электризации, напряжения электрического поля, фазовых состояний. Конструкция БЛА, материал покрытия поверхности корпуса, тип двигателей, системы, применяемые для снижения статики, режим полета с установлением высоты и скорости также существенно влияют на значения токов между БЛА и атмосферой [6,7].

Токи разрядки за счет проводимости атмосферы пропорциональны скорости полета. Токи разрядки, наводимые за счет срыва частиц, пропорциональны квадрату скорости. Вместе с тем, токи заряжения возрастают пропорционально третьей степени скорости БЛА, поэтому на крейсерских режимах полета заряжение фюзеляжа оказывается значительно выше, чем на минимально допустимых [4].

Статическое электричество опасно для электроники. Большая разность потенциалов и высокая скорость их изменения может привести к выводу из строя чувствительных микросхем, нанеся кристаллу малозаметные, но критические повреждения. Особенно уязвимы радиодетали и компоненты на МОП-структурах (полевые транзисторы) [8-11]. На рис. 1 приведен блок управления, который вышел из строя в результате воздействия статического электричества.

Предельный потенциал и соответствующий заряд, приобретаемый БЛА при пролете сквозь облако, определяется выражениями [4]:

$$V = \phi_k \frac{l}{r}, \quad Q = \phi_k \frac{l^2}{r},$$

где ϕ_k – контактная разность потенциалов, l – характерный размер БЛА, r – радиус частиц, отрывающихся от поверхности.

Ток заряжения БЛА:

$$I_z = AnvS\phi_k C_k,$$

где n – концентрация частиц, отражающихся от БЛА, S – площадь поверхности, C_k – взаимная емкость, v – скорость полета, A – постоянная для данного типа носителя.

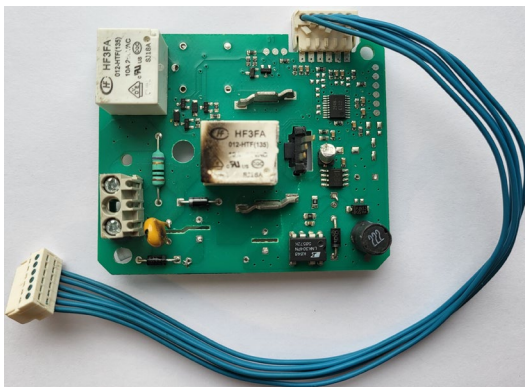


Рис. 1. Поврежденный статическим электричеством блок управления

Отрывающиеся от поверхности фюзеляжа частицы забирают часть заряда БЛА. Поток частиц создает ток разрядки:

$$I_p = BnvSP\bar{Q}\bar{r}^2,$$

где \bar{P} – коэффициент, зависящий от отношения плотности заряда в данной точке к осредненному по поверхности S значению, \bar{r}^2 – средний радиус частиц, B – некоторая постоянная для данного типа БЛА.

При достижении равенства токов зарядки и разрядки выражение для установившегося равновесного заряда можно получить в виде:

$$Q_{\text{равн}} = D \frac{I^2 \phi_k}{\bar{r}},$$

где D – некоторая постоянная для БЛА самолетного типа.

Исследования показали, что в зависимости от скорости удара капля перпендикулярно твердой преграде проявляются два варианта взаимодействия. До 36 км/ч капли растекаются по поверхности, образуя жидкий слой, при скорости соударения свыше 72 км/ч – масса капли в виде мелких брызг практически полностью отражается от объекта.

Зависимость тока зарядания тела от скорости движения в потоке капель может быть описана выражением:

$$I_z = A\phi_k \frac{w}{\bar{r}^2} Sv^3,$$

где w – коэффициент водности.

Для БЛА коэффициент A зависит от стреловидности и профиля крыла. Величина ϕ_k обусловлена фазовым состоянием облачных частиц и свойствами материала поверхности корпуса. В кристаллических облаках зарядание БЛА происходит более активно, чем в капельных. Особенно интенсивно зарядание происходит на неметаллических (металлодиэлектрических) поверхностях.

Тонкое упругопластическое радиопоглощающее покрытие БЛА существенно влияет на величину заряда его поверхности. Как правило, нанесение диэлектрического покрытия на поверхность тела резко увеличивает его электризацию. Эффект зарядания полностью определяется электрофизическими свойствами наружной поверхности тела, с которой контактируют частицы набегающего аэрозольного потока, и практически не зависит от свойств подстилающего основания. Результаты измерений равновесных зарядов пробных тел, имеющих цилиндрическую форму, с различными материалами покрытий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений зарядов

Тип материала		Значение заряда, отн.ед.
поверхности	основания	
Полипиррол	Углепластик (Carbon Fiber)	3
Полипиррол	Алюминий В95пч	2
Стеклопластик ВПС -53/120	Углепластик (Carbon Fiber)	900
Стеклопластик ВПС -53/120	Алюминий В95пч	850

Зарядание образцов с покрытием из диэлектрика оказалось значительно выше, чем у оболочек с высокой проводимостью. Данный факт подтверждает, что диэлектрические элементы конструкции планера БЛА подвержены интенсивной электризации в облаках различных видов.

2. Результаты анализа влияния характеристик окружающей среды на величину заряда БЛА

Величина заряда БЛА находится в сложной зависимости от водности, размера частиц осадков и параметров полета.

На рис. 2 представлены результаты расчета заряда БЛА «Форпост-РУ» и «Иноходец» в полете с путевой скоростью 180 км/ч от размеров облачных элементов.

Черным цветом выделены кривые, полученные для БЛА «Иноходец», красным – для БЛА «Форпост-РУ». Цифра 1 соответствует водности $1,0 \text{ г/м}^3$, 2 – для $0,5 \text{ г/м}^3$ и 3 – при $0,1 \text{ г/м}^3$.

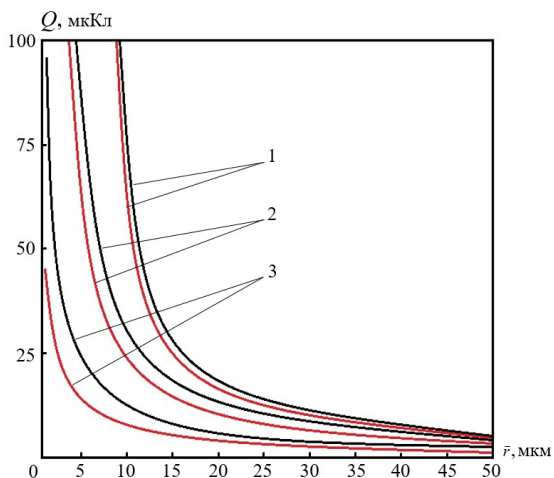


Рис. 2. Зависимость заряда БЛА от размеров капель в облаках

Результаты показали, что корпус БЛА заряжается интенсивнее в облаках с более мелкими частицами (дымкой). При прочих равных условиях более крупный по габаритным размерам «Иноходец» накапливал больший заряд по сравнению с «Форпост-РУ».

На рис. 3 показаны зависимости изменения заряда корпусов БЛА с ростом концентрации воды в атмосфере. Цифрой 1 обозначены зависимости, полученные для БЛА «Иноходец», кривая, выделенная черным цветом, рассчитана для скорости полета 200 км/ч , красным – для 180 км/ч . Под цифрой 2 приведены результаты, полученные для БЛА «Форпост-РУ», черным – для скорости 180 км/ч , красным – для 160 км/ч .

Из рис. 3. следует, что с увеличением водности облаков монотонно возрастает заряд поверхности БЛА, снижение скорости полета приводит к его уменьшению.

3. Методы уменьшения электризации БЛА

Развитие методов снижения заряжения БЛА самолетного типа осуществляется по следующим традиционным направлениям [4]:

– путем рационального выбора условий полета, при которых уменьшается заряд фюзеляжа БЛА и отдельных его элементов (крыльев, хвостового оперения, взлетно-посадочного устройства);

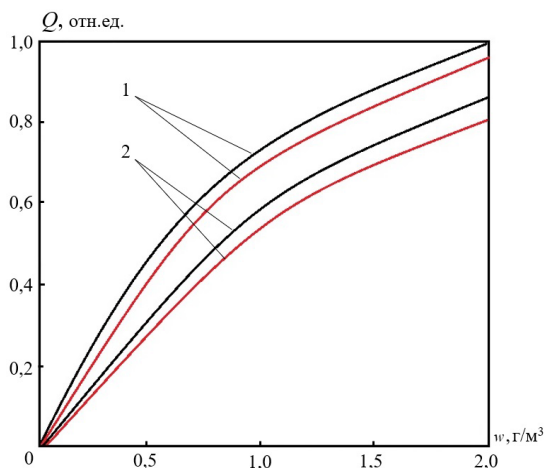


Рис. 3. Зависимость изменения относительного заряда БЛА от влажности среды

– предотвращением (уменьшением) токов зарядания при сохранении эффективной проводимости между БЛА и атмосферой;
– увеличением токов разрядки или уменьшением возникающего заряда.

Для первого направления характерна менее затратная и более легкая в техническом плане реализация, так как она не требует внесения изменений в конструкцию планера и целевой нагрузки. Наибольшая электризация БЛА возникает при температурах $+5^{\circ}\dots-15^{\circ}$ за счет водянистости кучево-дождевых облаков или наличия кристаллов льда в перисто-слоистых облаках. На этом интервале высот отмечается высокий уровень радиопомех. Поэтому необходимо применять меры по уменьшению времени выполнения целевых функций на эшелонах полета, лежащих в указанном температурном интервале.

Уменьшить зарядание планера и формирование сопутствующих помех возможно путем снижения скорости полета до минимально эксплуатационно допустимой с учетом метеорологических условий. Известно, что низкоскоростные (малоскоростные) воздушные цели (со скоростью полета в горизонтальной плоскости до 180 км/ч) из-за вихревых потоков толкающего винта, как правило, обнаруживаются

радиолокационными станциями с существенными ошибками по дальности, и в интересах уточнения координатной информации необходимо применение специальных оптико-локационных станций для установления визуального контакта.

Вопросы предотвращения появления поверхностных разрядов и снижения уровня помех бортовым радиоэлектронным приборам рассматриваются во второй группе методов. Уменьшать токи зарядки предлагается путем нанесения специального электропроводящего покрытия в зонах контакта БЛА с частицами облаков и осадков, обладающего антистатическими свойствами, эрозионной и коррозионной стойкостью. Если антенные решетки интегрированы в фюзеляж или крылья, то радиопрозрачность материала покрытия должна сохраняться.

В методах третьего направления применяются меры по улучшению проводимости между планером БЛА и окружающей его средой за счет повышения эффективности систем разрядки.

Выделяют две основные группы разрядников:

- активные, создающие ток разряда за счет сброса с БЛА заряженных частиц;
- пассивные, изменяющие проводимость среды в месте установки, токи которых находятся в прямой зависимости от величины заряда БЛА.

Активные системы разрядки содержат генератор тока разрядки и измеритель заряда БЛА. Ток разрядки создается путем отведения потоков электронов, ионов и других заряженных частиц, имеющих заряд, по знаку совпадающий с зарядом БЛА. Подобные устройства устанавливаются в местах наилучшего обдува.

Действие пассивных разрядников основано на создании области повышенной ионизации вблизи БЛА. К ним относят коронирующие, пламенные и радиоактивные разрядники. Наибольшее распространение получили острейные разрядники, конструкция которых позволяет обеспечить наименьший уровень помех за счет снижения шумов в источнике разряда или уменьшения связи между источником разряда и антеннами БЛА. Пассивные разрядники рекомендуются устанавливать на концах крыльев, элеронов, рулей, стабилизаторов на максимальном расстоянии от бортовых антенных систем.

Заключение

На основе компьютерных платформ программирования и числовых расчетов Mathcad Prime 9.0 и MATLAB R2023 исследованы закономерности величин зарядов, приобретаемых БЛА «Форпост-РУ» и «Иноходец» в полете, от характеристик облаков. Проведен анализ

эффекта электризации объекта от материала покрытия его поверхности. Определены условия возникновения электрического заряда на БЛА.

По результатам анализа установлено: токи заряжения возрастают пропорционально третьей степени скорости БЛА. Уменьшение размера частиц и повышение водности облаков приводит к монотонному росту заряда фюзеляжа. Для снижения электризации БЛА необходимо правильно формировать полетное задание с учетом возможной смены воздушного эшелона и скорости полета.

Полученные результаты составляют методическую основу для нахождения рациональных вариантов радиопоглощающих покрытий в интересах достижения наибольшей эффективности выполнения функциональных задач мобильными радиоэлектронными комплексами.

Список литературы

1. Богословский А. В. Анализ деформаций беспилотного свободнонесущего высокоплана с радиопоглощающим покрытием / А. В. Богословский, С. Н. Разиньков, Э. В. Сёмка // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – Комсомольск-на Амуре : КнАГТУ. – 2022. – № 5(61). – С. 72-79.

2. Имянитов, И. М. Электризация самолетов в облаках и осадках. М. : Гидрометеиздат, 1970. – 211 с.

3. Имянитов, И. М. Приборы и методы для изучения электричества атмосферы / И. М. Имянитов. – М. : Гидрометеиздат, 1957. – 483 с.

4. Причины стагической электризации самолетов и меры уменьшения ее опасности: Метод. письмо / Гл. геофиз. обсерватория им. А. И. Воейкова; [Сост. Б. Ф. Евтеевым, И. М. Имянитовым]. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 43 с.

5. Буй, Л. Н. Модели сложных сверхширокополосных сигналов при пеленгации источников излучения в условиях влияния мешающих факторов / Л. Н. Буй. Диссертация ... канд. техн. наук. – Рязань : РГРТУ, 2007. – 137 с.

6. Бенндорф, Г. Атмосферное электричество // Г. Бенндорф; под ред. П. Н. Тверского. – М. : Государственное технико-теоретическое издательство, 1934. – 123 с.

7. Материалы наблюдений напряженности электрического поля атмосферы на различных высотах по данным зондирования / Гл. геофиз. обсерватория имени А. И. Воейкова / [Сост. И. М. Имянитовым]. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 113 с.

8. Старикин, Ю. А. Современная теория электрического пробоя твердых диэлектриков / Ю. А. Старикин. – Томск : Известия Томского

трудового красного знамени политехнического института им. С. М. Кирова. – 1956. – Т. 91. – С. 27-43.

9. Сканави, Г. И. Физика диэлектриков (область сильных полей) / Г. И. Сканави. – М. : Государственное издание физико-математической литературы, 1958. – 909 с.

10. Борисова, М. Э. Физика диэлектрических материалов. Электроперенос и накопление заряда в диэлектриках / М. Э. Борисова, О. В. Галюков, П. В. Цацынкин. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2004. – 104 с.

11. Отраслевой стандарт ОСТ 1 01025-82. Экранирование проводов, жгутов, кабелей и металлизация самолетов (вертолетов). – М., 1982. – 24 с.

Агентное моделирование развития эпидемии COVID-19

М. Ю. Сидляр, email: m1kmikl@yandex.ru
О. А. Ковалева, email: solomina-oa@yandex.ru
С. В. Ковалев, email: sseedd@mail.ru

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет
им. Г. Р. Державина

Аннотация. В этой статье рассмотрена модификация модели SIR для распространения эпидемии с учетом дополнительных состояний «летальность» и «иммунитет». Авторы показывают полную блок-схему программного продукта. Рассмотрены блок-схемы по заражению агентов, а также программный код перехода в состояние «летальность». В статье показаны стадии, при которых агент находится в состоянии «болен». Подробно рассматриваются стадии бессимптомности и тяжелого заболевания при моделировании короновирусной инфекции COVID-19. Показана таблица сравнительных свойств, а также графики с различными вариантами соотношения стадийности, а также их зависимость от половозрастных характеристик.

Ключевые слова: мультиагентное моделирование, программный комплекс, варианты заболевания, стадии заболевания, инфекционное заболевание, COVID-19

Введение

При моделировании распространения эпидемий часто и успешно используется известная дифференциальная модель SIR, позволяющая вычислять количество заболевших, здоровых и выздоровевших агентов математическими методами, однако ее специфика «летальность» и наличие «иммунитета» резко усложняют систему дифференциальных уравнений. Поэтому моделирование переходит в стадию симуляционного, с использованием стохастических моделей, позволяющего наблюдать за каждым агентом в определенный промежуток времени. Рассмотрение специфики взаимодействия агентов в соответствующем поле приводит к усложнению математического описания, однако, почти не усложняют программный код. Подобное обстоятельство привело к моделям клеточных автоматов, а потом к мультиагентным комплексам, характеризующимися независимым друг от друга поведением каждого агента.

1. Состояния агентов. Моделирование заражения

В качестве «состояния» рассматриваются «здоров», «болен», «выздоровел», что хорошо описывается моделью SIR. «Больной» агент с некоторой вероятностью заражает «здорового» (предрасположенного к болезни), после чего «здоровый» становится «больным» - и тоже начинает заражать соседей. «Больные» агенты через заданное время «выздоровливают». Схема одноволнового распространения эпидемий приведена на рисунке 1. Показаны изменения состояний в зависимости от условий и вероятности.

Схема одноволнового распространения эпидемий приведена на рисунке 1. Показаны изменения состояний в зависимости от условий и вероятности.

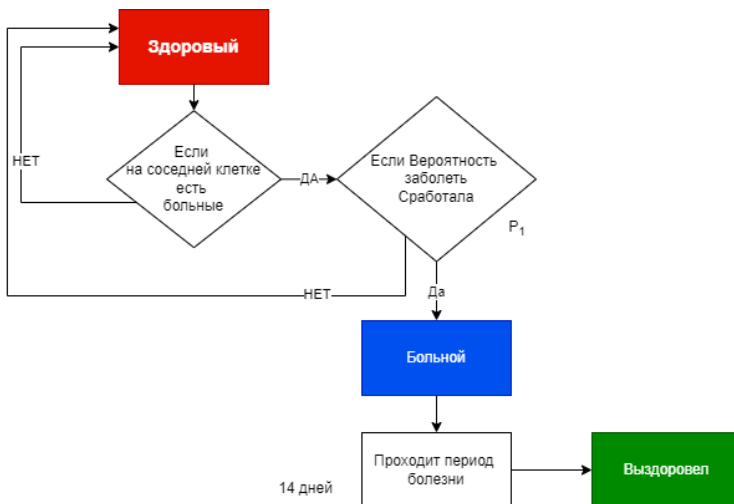


Рис. 1. Схема одноволнового заражения

Модификация модели SIR приводит к другим состояниям: рассмотрим некоторые «летальность» и «иммунитет». В этом случае, обладатели таких состояний будут выпадать из развития эпидемической угрозы, так как агент в состоянии «летальность» уже никого не может заразить. Агент в состоянии «Иммунитета», хоть и продолжает двигаться, но не заражается от окружающих, а будучи здоров – не заражает соседей. В случае мультиволнового случая, после «выздоровления» наступает период временного иммунитета, в который исследуемый агент не заражает сам, и не заражаем от других, но по

истечении времени становится «здоров», то есть подвержен заболеванию.

Для работы с модифицированными моделями SIR с использованием методов медицинского противодействия и стадийности заболевания, авторами был разработан программный продукт [1], показывающий распространение эпидемической угрозы. Было использована мультиагентная система, в которой каждый объект – человек имеет независимое от других участников общества поведение, траектории посещения объектов [2]. У каждого агента имеется несколько характеристических свойств. В качестве свойств мультиагентной системы выделяются: (демографические: возраст, пол; перемещения: длина шага, координаты стартовой точки; заболевание: текущее состояние, вероятность заразиться). Отмеченные свойства могут изменяться в ходе проведения компьютерного эксперимента.

В программе предусмотрены три типа заражения «резким кашлем», опосредованным контактом, близким контактом. Имеется вариант заражения от нескольких соседних агентов. Параметры вводятся в информационные окна, результаты опытов выводятся в виде статистических таблиц, вскрываются последовательности заражений, выводятся графики общего количества состояний.

Все агенты двигаются по плоскости, размер которой может быть выбран от 30 до 1000 у.е. на плоскости. А количество агентов задается плотностью. За минимальную единицу времени берется одна итерация. За одну итерацию агенты перемещаются, проверяют соседей на наличие переносчика инфекционного заболевания. Если в окрестности контакта здорового агента имеется больной агент, то с заданной вероятностью «здоровый» агент заболевает. Все перемещения на плоскости происходят для всех без исключения агентов. Время в один календарный день состоит из заданного числа итераций. На рисунке 2 показана блок-схема заражения агента, зависящая от различных факторов: количества соседей, масочного режима и т.д.

После запуска на выполнение алгоритма программы, каждый агент начинает двигаться на гео-плоскости, выполняя сценарии каждого состояния. Количество агентов для каждого состояния рассчитывается в каждый момент времени. При этом визуализируется перемещение агентов в окне, выводятся статистические данные, строятся графики изменения состояний.

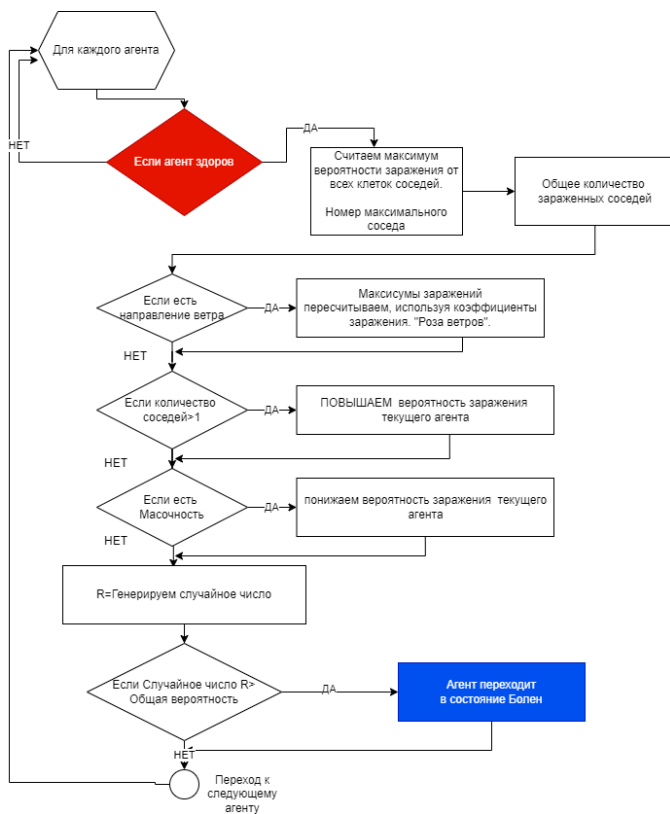


Рис. 2. Блок-схема заражения произвольного агента

Агенты перемещаются по случайным траекториям относительно текущей точки, программно задаётся несколько вариантов движения: «совершенно случайное», «ареальное» (вокруг стартовой точки), движение по направлению и ряд ограничений (в которые агенты не попадают), а также точки притяжения, к которым агенты двигаются, поэтому в каждом из вариантов имеется своя скорость и закономерность распространения. В качестве движения берется случайный переход на соседнюю клетку с тем условием, что она доступна для перехода. На рисунке показаны варианты движения, предусматривающие перемещение в заданную точку, а также попадание агента за край плоскости со сдвигом, используя тороидальность или плоский отскок (как от борта).

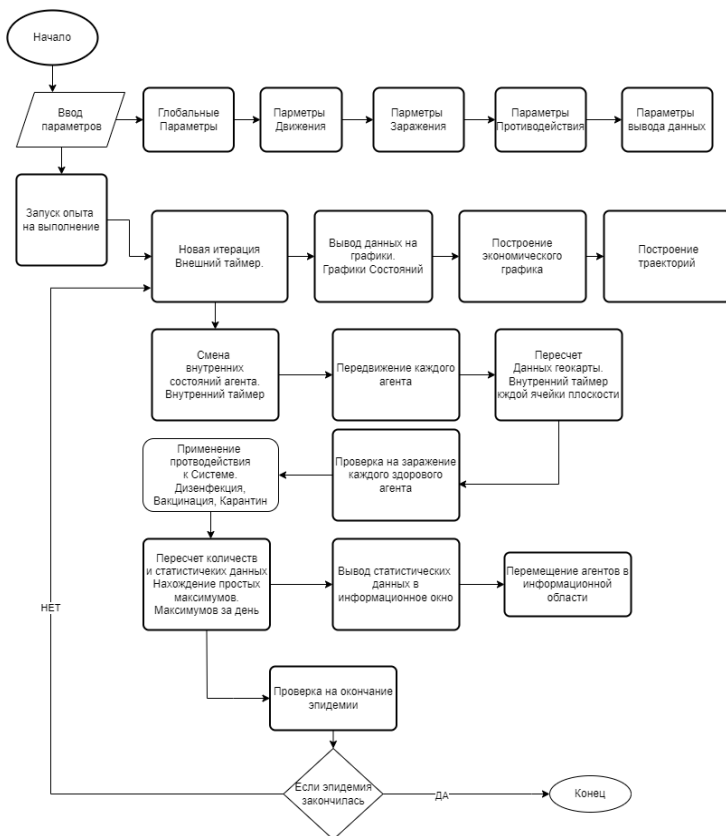


Рис. 3. Общая блок-схема алгоритма работы программного комплекса

Агенты меняют состояние сложным способом в зависимости от контакта с зараженным, а также по временному интервалу. У каждого агента существует таймер пребывания в каждом состоянии. Как только значение внутреннего таймера попадает в указанный интервал, агент переходит в следующее состояние. В частности, в приведенном ниже программном коде показано, что в состоянии «летальность» агент переходит из состояния «больной» как только попадает в зону последних дней заболевания. Окончательная проверка на переход в новое состояние зависит от случайной величины, которая генерируется непосредственно внутри блока, после выполнения этой проверки, агент переходит в состояние «летальность».

Перевод в состояние «летальности» из состояния «больной».

```

if letoo then begin // если в программе поставлена опция
«летальность»
  if (vseagenty[i].sostojanie=2) // если текущий агент был
  болен
    and(vseagenty[i].ttik>=vseagenty[i].dlitelnost_bo-dlina_letto)
    // и внутренний таймер болезни агента достиг показателя, при
    котором идет проверка на установку состояния «летальности».
    and(vseagenty[i].ttik<=vseagenty[i].dlitelnost_bo-5)
    then begin
      aleto:= random(1000); // генерируем случайное число от 0 до
      999
      if aleto<=weroytn_letto then begin // если число сгенерировано
      менее вероятности летальности,
      vseagenty[i].sostojanie:=4; // переводим агента в состояние
      «летальность»
      vseagenty[i].ttik:=0; // внутреннее время останавливаем
      vseagenty[i].myrad:=0; // движение агента прекращаем.
      vseagenty[i].karantine:=0; // выводим агента из подсостояния
      «карантин»
      vseagenty[i].ya_zarajayu:=0; // останавливаем процесс
      заражения
      vseagenty[i].maxkashel:=0; // останавливаем кашель
      end; end; // конец перехода в состояние «летальности»

```

2. Моделирование стадийности заболевания

Разбивая эпидемические условия, можем рассмотреть стадии заболевания. Это характеризуется тем, что болезнь как внешне, так и поразному протекает у агента. С точки зрения медицины имеются «латентные» и «инкубационные фазы», в которых первичные признаки не проявляются, а агент еще мало заразен. В статье [3] описывается моделирование заболевания COVID-19 с инкубационным периодом. В статье [4] описываются стадии заболевания, а также переходы между стадиями и состояниями агента. В статье [5] описаны стадии заболевания с условием, что они протекают последовательно, а также даны вероятности бессимптомного течения заболевания.

Далее идет стадия «первичных признаков», в которых агент уже начинает кашлять и заражать, но, вероятно, диагноз поставлен не точно, так как выявляемые признаки еще не совсем правильно показывают на указанное заболевание. Далее все стадии протекают в «острой» и «тяжелой» фазах, где идет большой процент заражения других агентов. Из тяжелой фазы есть вероятность перехода в «летальность». После «тяжелой фазы» наступает период «предвыздоровления», в котором агент заражает соседей, вышел из тяжелой стадии и не вернется в «летальность».

В качестве примера, рассмотрим COVID-19, поставим длительность заболевания 14 дней, а также количество итераций в сутках, равное 60. Для плоскости 300x300 при 25% заполнении, простая модель SIR будет выглядеть так.

В зависимости от демографических характеристик, которые мы можем вводить в виде половозрастных диаграмм, можно указать, как проходит заболевание при разных вариантах. Определим вариант «бессимптомность», в которой отметим на все стадии вероятность «летальности» - 0. Более подробную информацию сведем в таблицу 1. Все числовые данные в таблице в процентах от начального значения.

Таблица 1

Характеристики варианта «бессимптомного» агента

	фаза №1	фаза №2	фаза №3	фаза №4	фаза №5	фаза №6	фаза №7
Длительность	10	20	15	15	10	15	10
Летальность	0	0	0	0	0	0	0
Кашель	0	0	0	0	0	0	0
Вероятность заразить	0	0	10	60	20	10	0

В таблице 1 в качестве фазы 1 и фазы 2 показаны «лагентная» и «инкубационные стадии», фаза 3- «фаза первичных признаков», фаза 4 – «острая фаза», фаза 6 – «тяжелая фаза», фаза 7 – «предвыздоровление». Фаза 5 - промежуточная между «острой» и «тяжелой». Для контраста покажем «тяжелый» вариант заражения в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики варианта «тяжело болеющего» агента

	фаза №1	фаза №2	фаза №3	фаза №4	фаза №5	фаза №6	фаза №7
Длительность	5	15	15	20	15	20	15
Летальность	0	0	0	0	30	25	0
Кашель	0	5	10	120	50	70	0
Вероятность заразить	0	0	30	70	40	20	4

Длину выздоровления мы выберем в 14 дней (1 день = 60 итераций). Период до повторного заражения в 20 дней. Стартовое число заболевших равно 5 агентам. Длина перемещения агента равна 5. Вероятность заражения равна 1/100, вероятность иммунитета 25%.

3. Результаты экспериментов

Рассмотрим пять экспериментов поведения развития эпидемии все результаты отображены на рисунке 5.

1 случай: стадии заболеваний отсутствуют (рисунок 4 а). На 2 – случае 100% – «бессимптомный» (рисунок 4 б), 3 – стадии 100% – тяжелый больной (рисунок 4 в), при эксперименте № 4 50% – бессимптомных вариант и 50% тяжелый больной (рисунок 4 г). В эксперименте № 5 (рисунок 4 д) бессимптомный агент вариант до 20 лет выбирался с вероятностью 50%, а в случае от 75 лет выбирался «тяжелый вариант», остальные агенты распределялись пополам между этими двумя вариантами заболевания.

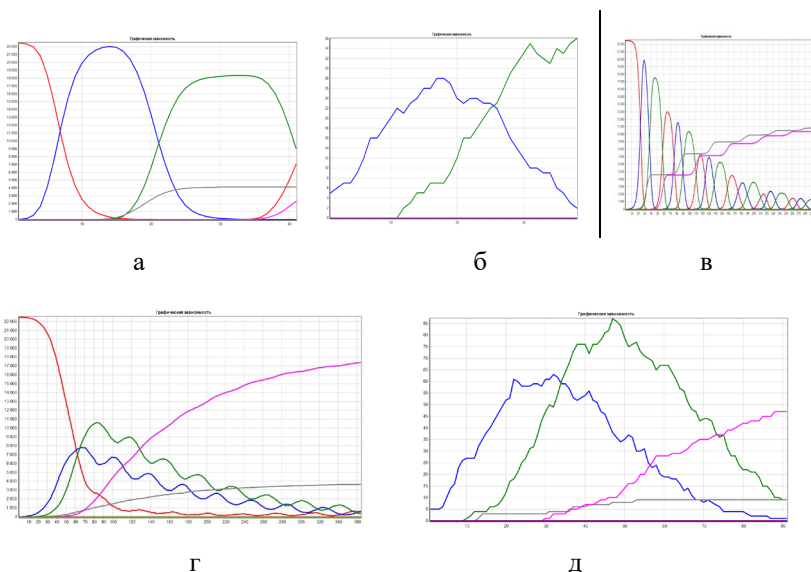
Таблица 3

Эксперименты и значения основных параметров эксперимента

Эксперимент	1	2	3	4	5
Длительность	41 день	39 дней	295	На 365 день	92дня
Летальность	4123	0	10283	3653	9
Иммунитет	2382	0	10391	17383	48
Минимум Здоровых	0	22455	0	120	22434
Максимум Больных	21908	28	19904	7812	65

На графиках рисунка 4 и по таблице 3 видны характерные различия и влияние стадийности на тип кривой при равенстве всех остальных параметров. Мы наблюдаем только прямое поведение агентов без внешнего вмешательства в среду в виде медицинских и профилактических мер. В экспериментах 3 и 4 появляются угасающие периоды заболеваний с минимальным количеством незаразившихся агентов. В эксперименте №3 – заболели все. При чистом «бессимптомном» варианте (эксперимент №2) – нет летальности.

Красный - график на всех рисунках 4а) – 4д) «здоровых», синий – «больных», зеленый график – «выздоровевших», «серый» - летальность, «розовый» - иммунитет. На рисунках 4б) и 4д) красный график – количественная характеристика «здоровых» отсутствует, для того, чтобы показать динамику «больных» и «выздоровевших».



а – обычный бесстадийный случай, б – вариантность. «Бессимптомность» 100%, в – вариантность. «Тяжело болеющий агент» 100%, г – вариантность. 50% «Бессимптомный» + 50% «Тяжело болеющий агент», д – вариантность. «Бессимптомный» и «Тяжело болеющий» агент с учетом возраста

Рис. 4. Результаты экспериментов с учетом вариантов и стадийности заболевания

В результате, устанавливая в программе различные стадии на общую длину заболевания, присоединяя к этим данным демографические данные (пол и возраст) получаем инструмент для гибкого прогноза, позволяющий в зависимости от хронического сопутствующего заболевания (сахарный диабет, ожирение и др.) настраивать характеристики протекания болезни, а также показывать, как влияют некоторые типы лечения и осложнений при них.

Заключение

В данной статье рассмотрено описание и действие программного продукта, показывающего распространение эпидемии инфекционного типа с ярко выраженной стадийностью. Рассматривая эпидемию COVID-19 в качестве примера и два крайних варианта протекания болезни «бессимптомное» и «тяжелое» мы получили для различных соотношений варианты поведения графика «заболеваемости» при одних

и тех же входных значениях других параметров. Дальнейшее применение вместе с медицинскими противодействиями, таблицей предрасположенности к заболеванию и сезонностью, а также воздействиями на систему извне, позволит прогнозировать с определенной вероятностью характер распространения эпидемии и достаточные меры для ее эффективного подавления. Работа с приложением может быть полезна при изучении в курсах «связанных с математическим моделированием, а также в курсах «медицинская статистика», «историческая статистика», «медицинская информатика», а также специалистам по общественному здравоохранению.

Список литературы

1. Сидляр М.Ю., Ковалева О.А., Ковалев С.В. Программный модуль мультиагентного моделирования стадий протекания заболевания с учетом социально-демографических групп. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023668416. 28.08.2023. Заявка №2023667681 от 28.08.2023. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54650203>
2. Пономарёв Р.Л. Разработка модели распространения COVID-19 в городских агломерациях / Р.Л. Пономарёв, В.А. Судаков, Т.В. Сивакова, А.Р. Энтентеев, В.И. Ескин //Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2021. № 74. С. 1-20
3. Матвеев А.В. Математическое моделирование оценки эффективности мер против распространения эпидемии COVID-19 //Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2020. № 1 (29). С. 23-39
4. Власов В.В. Математическое моделирование заболеваемости COVID-19 в Москве с применением агентной модели/В.В. Власов, А.М. Дерябин, О.В. Зацепин, Г.Д. Каминский, Э.В. Карамов, А.Л. Карманов, С.Н. Лебедев, Г.Н. Рыкованов, А.В. Соколов, Н.А. Теплых, А.С. Тургиев, К.Е. Хатунцев// Дискретный анализ и исследование операций Апрель–июнь 2023. Т. 30, № 2. С. 15–47
5. Криворотько О.И. Моделирование сценариев распространения COVID-19 в республике Казахстан на основе регуляризации агентной модели О.И. Криворотько, С.И. Кабанихин, М.А. Бектемесов, М.И. Сосновская, А.В. Неверов //Дискретный анализ и исследование операций. 2023. Т. 30. № 1 (155). С. 40-66.

Прогнозирование параметров ветра на основе графоаналитического моделирования

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 данной работе рассматривается возможность применения графоаналитического моделирования в процессе прогнозирования состояния ветровой обстановки в районах с редкой сетью метеорологических станций.*

***Ключевые слова:** Графическая фигура, временные ряды, условная вероятность, прогнозирование, направление и скорость ветра.*

Введение

Достоверная информация об ожидаемом состоянии ветровой обстановки представляет собой важной составляющей ходе обеспечения безопасности полетов авиации [1]. Значительные сложности в прогнозировании изменений ветра возникают в районах с редкой сетью метеорологических станций. Использование традиционных способов, основанных на физико-статистических, синоптических и гидродинамических подходах [2-4], затруднено из-за отсутствия необходимо объема исходных метеоданных.

Одним из подходов к решению задачи по повышению качества прогнозирования параметров ветра в районах с разреженной сетью метеорологических станций может быть, основанный на применении графоаналитических моделей. Графоаналитическое моделирование базируется на использовании коротких временных рядов, описывающих наиболее характерные изменения ветровой обстановки. Для реализации предложенного подхода необходим минимальный объем исходной метеоинформации, доступный даже на слабоосвещенной в метеорологическом отношении территории.

1. Графоаналитическая модель изменчивости направления и скорости ветра

Также как и на формирование самой графической фигуры, на возникновение ожидаемого исхода в периоде k , при условии $k > l$, оказывает воздействие ряда внешних и внутренних факторов, полный

учет на сегодняшний день невозможен. Поэтому прогнозирование с использованием графоаналитического моделирования осуществляется на основе вероятностного подхода. Изменения метеорологических величин обладают характерными особенностями, которые описываются графическими фигурами фиксированной длины. Для каждой сформировавшейся фигуры на временном ряде наблюдений с определенной максимальной вероятностью $P_{пр}(k)$ свойственно возникновение ожидаемого исхода в k -ом прогностическом периоде (рис. 1).

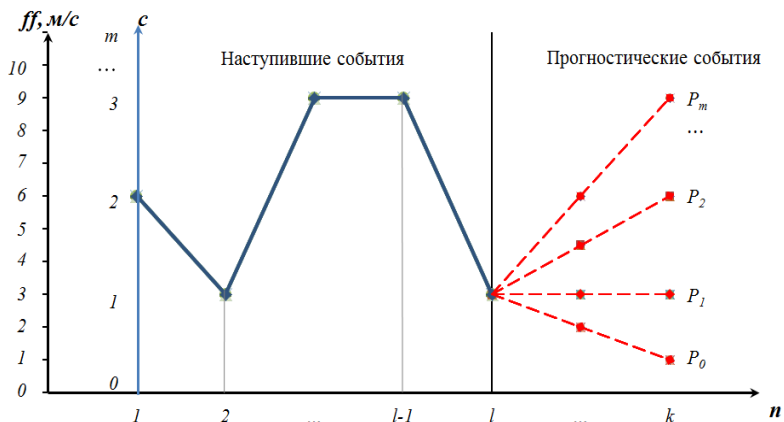


Рис. 1. Схематическое представление прогнозирования на основе графических фигур фиксированной длины

Значение параметра $P_{пр}(k)$ выбирается из ряда условных вероятностей $P_0, P_1, P_2, \dots, P_m$. Каждая из этих вероятностей определяется с помощью следующего выражения:

$$P_{пр}(k)_i = P(c_j | C_i) = \frac{n_{ci}}{n_i}, \quad (1)$$

где n_{ci} — абсолютная частота возникновения c_j прогностического события; n_i — абсолютная частота появления графической фигуры C_i .

Для типовых графических фигур фиксированной длины с учетом полученных значений условных вероятностей может быть сформирована сводная таблица для ожидаемых прогностических исходов.

Для удобства, полученные условные вероятности $P(c_j|C_i)$ могут быть представлены в виде матрицы сопряжения графических фигур и возможных прогностических исходов (табл. 1).

Таблица 1

Матрица сопряжения графических фигур и возможных прогностических исходов

Графическая фигура в номерном обозначении	Прогностический период					
	$t_{исх}+3ч$		$t_{исх}+6ч$		$t_{исх}+12ч$	
	Прогностический исход в номерном обозначении	Вероятность возникновения события	Прогностический исход в номерном обозначении	Вероятность возникновения события	Прогностический исход в номерном обозначении	Вероятность возникновения события
C_1	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_1)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_1)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_1)_{\max}$
C_2	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_2)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_2)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_2)_{\max}$
...
C_i	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_i)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_i)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_i)_{\max}$
...
C_s	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_s)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_s)_{\max}$	$c_j \in c_1, \dots, c_m$	$P(c_j C_s)_{\max}$

По сформировавшейся графической фигуре из табл. 1 выбирается наиболее вероятностный прогностический исход, представленный в виде номерного обозначения. Обратный переход от полученной величины к конкретному прогностическому значению атмосферного параметра осуществляется с помощью графоаналитической модели изменчивости метеорологической величины, представленной следующим выражением:

$$\begin{cases} dd_{np} = \frac{360^\circ}{m+1} * c_{dj} \pm \frac{\overline{dd}_{m+1} - \overline{dd}_1}{3 * m}, \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1 ; \\ ff_{np} = \frac{27}{m+1} * c_{fj} \pm \frac{\overline{ff}_{m+1} - \overline{ff}_1}{3 * m}, \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1 , \end{cases} \quad (2)$$

где dd_{np} и ff_{np} – прогностические значения направления и скорости ветра у земли соответственно; c_{dj} и c_{ff} – наиболее вероятностный исход в номерном обозначении из для направления и скорости ветра для фигуры C_i ; $\overline{dd}_1, \overline{dd}_{m+1}, \overline{ff}_1, \overline{ff}_{m+1}$ – середины градаций «0-го» и « m -го» номерных обозначений для направления и скорости ветра соответственно.

Крайний правый член первого уравнения системы (2) характеризует добавочное значение, учитывающее циклоническую (знак «+») и антициклоническую активность (знак «-») при возможности ее определения. Во второй формуле с помощью данного члена вводится поправка на суточный ход скорости ветра (в дневные часы знак «+», ночные – соответственно «-»).

После выполнения математических преобразований выражения (2) примет вид:

$$\begin{cases} dd_{np} = \frac{360^\circ}{m+1} * c_{dj} \pm \frac{360^\circ}{3 * m} * (c_{m+1} - c_1), \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1; \\ ff_{np} = \frac{27}{m+1} * c_{ff} \pm \frac{27}{3 * m} * (c_{m+1} - c_1), \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1, \end{cases} \quad (3)$$

где c_1 и c_{m+1} – первое и крайнее номерное обозначение.

В окончательном виде графоаналитическую модель изменений параметров ветра у земли можно представить следующим образом:

$$\begin{cases} dd_{np} = \frac{360^\circ}{m+1} * \left(c_{dj} \pm \frac{(c_{m+1} - c_1)}{3 * m} \right), \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1; \\ ff_{np} = \frac{27}{m+1} * \left(c_{ff} \pm \frac{(c_{m+1} - c_1)}{3 * m} \right), \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1. \end{cases} \quad (4)$$

Решение данной системы уравнений допустимо при следующих начальных и граничных условиях:

начальные: $c_1 = \min(0, 1, \dots, m)$, $c_{m+1} = \max(0, 1, \dots, m)$;

граничные: $m \leq 8$; $ff \in [0; 25]$, $dd \in [0^\circ; 359^\circ]$.

2. Способ прогнозирования скорости и направления ветра на основе графоаналитического моделирования

После выполнения процедуры адаптации графоаналитическая модель изменчивости параметров ветра была положена в основу

способа прогнозирования направления и скорости ветра для территории архипелага Новая Земля. Блок-схема порядка выполнения действий для реализации предложенного алгоритма представлена на рис. 2.

По доступным данным аэросинооптического материала (при их наличии) или другими известными способами [5] оценивается синооптическое положение.

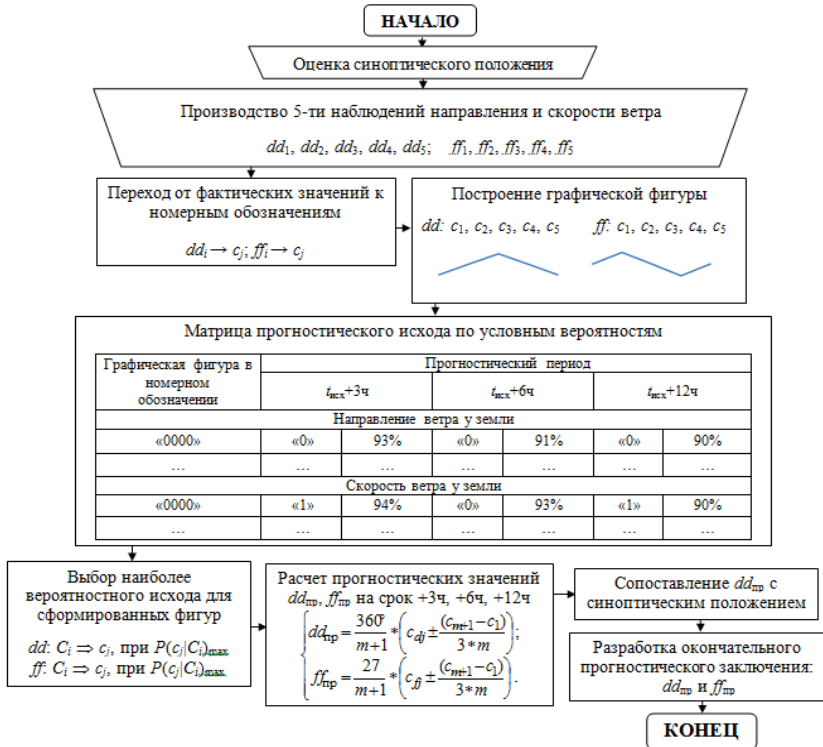


Рис. 2. Способ прогнозирования направления и скорости ветра на основе графоаналитического моделирования для территории архипелага Новая Земля

Для построения типовой графической фигуры фиксированной длины в точке прогнозирования производится 5-ть последовательных измерений направления и скорости ветра у земли за основные сроки наблюдений. Полученные значения с учетом установленных градаций преобразуются в номерные обозначения. Из этих обозначений формируется последовательная пятизначная комбинация (графическая

фигура фиксированной длиной 5) для параметров ветра по отдельности. В конечном итоге должна быть получена своя фигура для направления и своя – для скорости ветра.

По матрицам наиболее вероятностных исходов, сформированным с учетом погодно-климатических особенностей аэродрома «Рогачево», для сформированных графических фигур определяется прогностические номерные обозначения с заблаговременностью 3, 6, 12 часов. С помощью выражения (4) выполняется расчет конечных прогностических значений направления и скорости ветра у земли.

Полученное значение направления ветра сопоставляется с синоптическим положением на допустимость полученного результата для ожидаемого синоптического положения с целью исключения грубых ошибок. После выполнения данной процедуры разрабатывается окончательное прогностическое заключение.

Заключение

Представленный способ прогнозирования параметров ветра у земли на основе графоаналитического моделирования может быть использован для предсказания ветровой обстановки с заблаговременностью от 3 до 12 часов для районов с ограниченными возможностями получения исходных метеоданных. Также стоит отметить, что для решения практических задач при формировании табл. 1 необходимо рассматривать архивный материал района, схожего по погодно-климатическим характеристикам с районом прогнозирования.

Список литературы

1. Горбунов А.А. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полетов беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала / А.А. Горбунов, А.Ф. Галимов // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2016. – № 2. – С. 7-15.
2. Панин Б.Д. Численные методы прогноза погоды / Б.Д. Панин, П.Н. Белов, Е.П. Борисенков. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 376 с.
3. Математическое моделирование и дифференциальные уравнения: учебное пособие для магистрантов всех направлений подготовки / М.Е. Семенов [и др.]. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. – 149 с.
4. Монсик, В.Б. Вероятность и статистика: учеб. пособие / А.А. Скрынников; В.Б. Монсик. – 4-е изд. (эл.). – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 384 с.
5. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. – М.: Воениздат, 1992. – 486 с.

Математическое и компьютерное моделирование термоупругопластического состояния полого шара

Д. И. Соломатин, e-mail: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com
М. А. Артемов, Ю. Н. Бабкина, Р. Г. Меджидов

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

Аннотация. *Выполнено компьютерное моделирование термоупругопластического состояния полого шара. Расчеты выполнены в рамках теории малых упругопластических деформаций для гладких функций пластичности. Учитывается упругая и пластическая сжимаемость. Результаты вычислений представлены в виде графиков напряжений, деформаций и перемещений.*

Ключевые слова: *регулярные нелинейное условие пластичности, температурная зависимость параметров материала, теория малых деформаций, ассоциированный закон пластического деформирования, центральная симметрия.*

Введение

Задача об центрально симметричном нагружении шара является одной из простейших теории упругопластического тела. Задача о полом шаре под действием внутреннего давления и находящемся в упругом состоянии бала решена Ламе [1].

Решение задачи о полом шаре под действием внутреннего давлением приведено в [2] для модели идеального упругопластического тела, когда функция пластичности зависит от второго инварианта девиатора напряжений. Отмечается, что каждый элемент шара испытывает простое нагружение, поэтому при решении задачи непосредственно используется деформационная теория.

В книгах [3, 4] приведено решение задачи о полом шаре, когда учитывается изотропное упрочнение, а также, когда шар, подвержен тепловому воздействию.

В [5, 6] выполнен расчет накопленных остаточных деформаций в процессе нагрева-охлаждения упругопластического шара.

1. Обозначения

$\rho r \theta \varphi$ – цилиндрическая система координат,

b – внешний радиус цилиндра,

a – внешний радиус цилиндра,

E – модуль Юнга,
 ν – коэффициент Пуассона,
 α – коэффициент линейного теплового расширения,
 k – предел пластичности,
 T – температура
 p_a, T_a – давление и температура на границе $\rho = a$,
 p_b, T_b – давление и температура на границе $\rho = b$,
 $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \sigma_\varphi$ – компоненты тензора напряжений,
 $\varepsilon_\rho, \varepsilon_\theta, \varepsilon_\varphi$ – компоненты тензора деформаций,
 $\varepsilon_\rho^p, \varepsilon_\theta^p, \varepsilon_\varphi^p$ – компоненты тензора пластических деформаций,
 u – радиальная компонента вектора перемещений.

2. Пространство главных напряжений

Обозначим через $\mathbf{l}, \mathbf{m}, \mathbf{n}$ собственные векторы симметричного тензора второй валентности (ранга) $\boldsymbol{\sigma}$. Тогда спектральное разложение тензора $\boldsymbol{\sigma}$

$$\boldsymbol{\sigma} = \sigma_1 \mathbf{l} \otimes \mathbf{l} + \sigma_2 \mathbf{m} \otimes \mathbf{m} + \sigma_3 \mathbf{n} \otimes \mathbf{n}$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главными (собственными) значения тензора $\boldsymbol{\sigma}$.

Тензорный базис $\mathbf{l} \otimes \mathbf{l}, \mathbf{m} \otimes \mathbf{m}, \mathbf{n} \otimes \mathbf{n}$ является ортогональным

$$\mathbf{l} \otimes \mathbf{l} \cdot \mathbf{m} \otimes \mathbf{m} = 0, \quad \mathbf{l} \otimes \mathbf{l} \cdot \mathbf{n} \otimes \mathbf{n} = 0, \quad \mathbf{n} \otimes \mathbf{n} \cdot \mathbf{m} \otimes \mathbf{m} = 0,$$

$$\mathbf{l} \otimes \mathbf{l} \cdot \mathbf{l} \otimes \mathbf{l} = \mathbf{l} \otimes \mathbf{l}, \quad \mathbf{m} \otimes \mathbf{m} \cdot \mathbf{m} \otimes \mathbf{m} = \mathbf{m} \otimes \mathbf{m}, \quad \mathbf{n} \otimes \mathbf{n} \cdot \mathbf{n} \otimes \mathbf{n} = \mathbf{n} \otimes \mathbf{n}.$$

Если $\boldsymbol{\sigma}$ – тензор напряжений, то в математической теории пластичности рассматривается трехмерное пространство главных напряжений (также называемое пространством Хей-Вестергаарда) [7, 8].

Тензорный базис является безразмерным. Координаты тензора напряжений можно сделать безразмерными, после перехода к безразмерным напряжениям. В пространстве главных напряжений тензор напряжений и соосные ему тензоры представляются в виде векторов (направленных отрезков). Также в пространстве главных напряжений рассматриваются графики функций (поверхности) пластичности

$$F(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = 0.$$

3. Инварианты девиатора напряжений при условии центральной симметрии

В сферической системе координат ρ, θ, φ для центральной симметрии полей напряжений и деформаций матрицы компонент тензора напряжений и деформаций будут иметь вид

$$(\boldsymbol{\sigma}) = \begin{pmatrix} \sigma_\rho & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_\theta & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_\varphi \end{pmatrix}, \quad (\boldsymbol{\varepsilon}) = \begin{pmatrix} \varepsilon_\rho & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_\theta & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_\varphi \end{pmatrix}.$$

В данном случае диагональные компоненты тензора напряжений и деформаций являются главными (собственными) значениями соответствующих тензоров. В силу указанной симметрии в сферической системе $\sigma_\theta = \sigma_\varphi$, $\varepsilon_\theta = \varepsilon_\varphi$. Поэтому у тензоров будет два независимых инварианта.

Симметричные тензоры второй валентности можно представить в виде суммы изотропного тензора и девиатора. Так для тензора напряжений

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{1}{3} \text{tr} \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{E} + \mathbf{s},$$

где \mathbf{E} – единичный тензор второй валентности, \mathbf{s} – девиатор напряжений. При определении функций пластичности в качестве аргументов можно выбирать разные независимые три инварианта тензора напряжений, например, учитывая, что $\text{tr} \mathbf{s} = s_1 + s_2 + s_3 = 0$ линейный инвариант тензора напряжений

$$I_1 = \text{tr} \boldsymbol{\sigma} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3;$$

квадратичный инвариант девиатора напряжений

$$\begin{aligned} J_2 = \text{tr} \mathbf{s}^2 &= s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 = -2(s_1 s_2 + s_2 s_3 + s_3 s_1) \\ &= \frac{1}{3} \left((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right); \end{aligned}$$

кубический инвариант девиатора напряжений

$$\begin{aligned} J_3 = \text{tr} \mathbf{s}^3 &= s_1^3 + s_2^3 + s_3^3 = 3s_1 s_2 s_3 \\ &= \frac{1}{9} (2\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3)(2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3)(2\sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_2). \end{aligned}$$

При условии центральной симметрии в сферической системе координат

$$J_2 = \frac{2}{3} (\sigma_\rho - \sigma_\varphi)^2,$$

$$J_3 = 2(\sigma_\rho - \sigma_\varphi)^3.$$

Таким образом, если функция пластичности зависит от квадратичного и кубического инвариантов девиатора напряжений, то

$$F(J_2, J_3) = f(\sigma_p - \sigma_\theta)$$

и если не зависит от знака третьего инварианта девиатора напряжений, то условие пластичности идеального пластического тела при выборе предела пластичности на одноосное растяжение будет иметь вид

$$(\sigma_p - \sigma_\theta)^2 = k^2,$$

или

$$|\sigma_p - \sigma_\theta| = k. \quad (1)$$

Если функция пластичности зависит от всех независимых инвариантов тензора напряжений, то

$$F(I_1, J_2, |J_3|) = f(|\sigma_p - \sigma_\theta|, \sigma_p + 2\sigma_\theta)$$

Например, если функция пластичности является однородной первой степени, то можно рассматривать разные варианты условия пластичности

$$|\sigma_p - \sigma_\theta| + \eta(\sigma_p + 2\sigma_\theta) = (1 + \eta)k \quad (2)$$

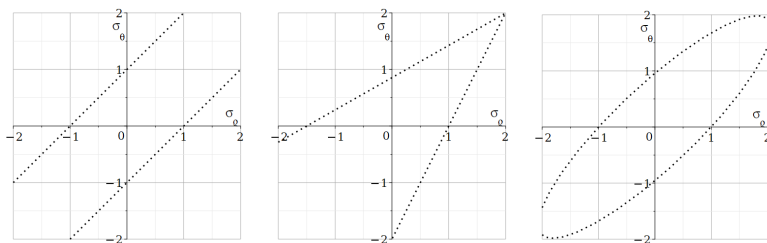
$$\left((\sigma_p - \sigma_\theta)^2 + \eta(\sigma_p + 2\sigma_\theta)^2 \right)^{1/2} = (1 + \eta)^{1/2} k \quad (3)$$

Поскольку равны два главных напряжения $\sigma_\theta = \sigma_\phi$, то в пластической области выполняется условие полной пластичности [9]. Понятие полной пластичности Хаар и Карман связывали с рассмотрением условием пластичности Треска. В случае центрально-симметричного состояния условие полной пластичности выполняется для любого условия пластичности.

Пересечение поверхности пластичности какой-либо плоскостью дает кривую (сечение) пластичности. Наиболее известными является кривая пластичности на девиаторной плоскости и кривая пластичности для плоского напряженного состояния. В случае центральной симметрии пересечение поверхности пластичности плоскостью $\sigma_\phi = \sigma_\theta$ для условий пластичности (1) – (3) дает кривые, изображенные на рис.1.

4. Постановка задачи

Рассматривается задача о сферической оболочке (полем шаре), испытывающей центрально симметричные внешние воздействия: давление p_b на внешнюю стенку $\rho = b$ и давление p_a на внутреннюю стенку $\rho = a$. Предполагается, что материал шара проявляет упругие и пластические свойства.



а

б

с

$$a - |\sigma_\rho - \sigma_\theta| = k, \quad б - |\sigma_\rho - \sigma_\theta| + \eta(\sigma_\rho + 2\sigma_\theta) = (1 + \eta)k, \quad \eta = 0.2,$$

$$c - \left((\sigma_\rho - \sigma_\theta)^2 + \eta(\sigma_\rho + 2\sigma_\theta)^2 \right)^{1/2} = (1 + \eta)^{1/2} k, \quad \eta = 0.03.$$

Рис. 1. Кривые пластичности на плоскость $\sigma_\theta = \sigma_\phi$ в пространстве напряжений

Безразмерные величины

Все величины приводятся к безразмерному виду. В качестве характерного масштаба напряжений принимается значение предела пластичности. За масштаб длины выбирается значение внешнего радиуса трубы. За масштаб температуры – 1°C. Поскольку деформации ϵ_i , являясь безразмерными величинами, имеют значения порядка σ_i / E , то в дальнейших численных расчетах рассматривается деформации и перемещения умноженные на безразмерный модуль Юнга, т.е. используется запись $E\epsilon_i$, Eu . Для удобочитаемости формул за безразмерными величинами сохраняются обозначения соответствующих размерных величин.

5. Термоупругое состояние полого шара

Для стационарного поля температур, когда не учитывается зависимость параметров материала от температуры, уравнение для определения поля температур в шаре

$$\frac{d^2 T}{d\rho^2} + \frac{2}{\rho} \frac{dT}{d\rho} = 0.$$

Если на границах задана температура (граничные условия первого рода)

$$T|_{\rho=a} = T_a, \quad T|_{\rho=b} = T_b,$$

то решение краевой задачи будет

$$T = T_b + \frac{\Delta T a}{b-a} \left(\frac{b}{\rho} - 1 \right), \quad \Delta T = T_a - T_b. \quad (4)$$

Рассмотрим систему уравнений, включающую уравнение равновесия

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + 2(\sigma_\rho - \sigma_\theta) = 0, \quad (5)$$

соотношения линейного закона Дюамеля-Неймана

$$E\varepsilon_\rho = \sigma_\rho - 2\nu\sigma_\theta + E\alpha T, \quad (6)$$

$$E\varepsilon_\theta = (1-\nu)\sigma_\theta - \nu\sigma_\rho + E\alpha T,$$

условия совместности полных деформаций

$$\rho \frac{d\varepsilon_\theta}{d\rho} + \varepsilon_\theta - \varepsilon_\rho = 0. \quad (7)$$

Подстановка соотношений Дюамеля-Неймана в условие совместности полных деформаций дает

$$\frac{d\sigma_\rho}{d\rho} \left((1-\nu)\sigma_\theta - \nu\sigma_\rho \right) + \frac{1+\nu}{\rho} (\sigma_\theta - \sigma_\rho) + E\alpha \frac{dT}{d\rho} = 0. \quad (8)$$

Комбинация уравнений (5), (8) дает

$$\frac{d}{d\rho} (\sigma_\rho + 2\sigma_\theta) - 2 \frac{E\alpha}{1-\nu} \frac{dT}{d\rho} = 0. \quad (9)$$

Решая уравнение (9), выражаем меридиональное напряжение через радиальное

$$\sigma_\theta = \frac{3}{2} A - \frac{1}{2} \sigma_\rho - \frac{E\alpha T}{1-\nu}. \quad (10)$$

Исключая из системы (5), (10) компоненту σ_θ получаем уравнение для компоненты σ_ρ

$$\frac{d}{d\rho} (\rho^3 \sigma_\rho) = 3A\rho^2 - 2 \frac{E\alpha}{1-\nu} \rho^2 T.$$

Решая это уравнение и учитывая (5) находим

$$\begin{aligned} \sigma_\rho &= A - \frac{2B}{\rho^3} - \frac{\lambda b}{2\rho}, \\ \sigma_\theta &= A + \frac{B}{\rho^3} - \frac{\lambda b}{2\rho}, \end{aligned} \quad (11)$$

где $\lambda = \frac{aE\alpha\Delta T}{(1-\nu)(b-a)}$, $\Delta T = T_a - T_b$.

В области упругого состояния обратимые деформации являются полными. Подставляя (11) в (6), получаем формулы для компонент тензора деформаций

$$E\varepsilon_\rho = (1-2\nu)A - 2\frac{1+\nu}{\rho^3}B - \frac{1-\nu}{\rho}\lambda b + E\alpha T,$$

$$E\varepsilon_\theta = (1-2\nu)A + \frac{1+\nu}{\rho^3}B - \frac{1-3\nu}{2\rho}\lambda b + E\alpha T.$$

Учитывая соотношения Коши для полных деформаций

$$\varepsilon_\rho = \frac{du}{d\rho}, \quad \varepsilon_\theta = \frac{u}{\rho}.$$

находим формулу для радиальных перемещений

$$Eu = \left((1-2\nu)A - 2\frac{1+\nu}{\rho^3}B - \frac{1-\nu}{\rho}\lambda b + E\alpha T \right) \rho.$$

Величины A, B определяются из граничных условий $\sigma_\rho|_{\rho=a} = -p_a$, $\sigma_\rho|_{\rho=b} = -p_b$, так что

$$A = \frac{a^3 p_a - b^3 p_b}{b^3 - a^3} + \frac{\lambda(b^2 - a^2)b}{b^3 - a^3},$$

$$B = \frac{a^3 b^3 \Delta p}{2(b^3 - a^3)} - \frac{\lambda(b-a)a^2 b^2}{2(b^3 - a^3)},$$
(12)

где $\Delta p = p_a - p_b$.

После подстановки (11) в (12) получаем

$$\sigma_\rho = -\lambda \left(\frac{b}{\rho} - \frac{a^2}{a^2 + ab + b^2} \left(\frac{b^3}{\rho^3} + \frac{b^2}{a^2} + \frac{b}{a} \right) \right) + \frac{b^3 \Delta p}{b^3 - a^3} \left(1 - \frac{a^3}{\rho^3} \right) - p_a,$$

$$\sigma_\theta = -\lambda \left(\frac{b}{2\rho} - \frac{a^2}{a^2 + ab + b^2} \left(\frac{b^3}{2\rho^3} - \frac{b^2}{a^2} - \frac{b}{a} \right) \right) + \frac{b^3 \Delta p}{b^3 - a^3} \left(1 + \frac{a^3}{\rho^3} \right) - p_a.$$
(13)

Аналогичные формулы, приведенные в [3], содержат опечатки: не выполняется уравнение равновесия.

Для одномерных упругопластических задач, если на какой-либо границе заданы перемещения (кинематические граничные условия), то их можно привести к граничным условиям в напряжениях (граничные

условия третьего рода). Так для шара радиальное перемещение на внешней границе

$$u|_{\rho=b} = u_b = b \cdot \varepsilon_\theta|_{\rho=b} = \frac{b}{E} \cdot ((1-\nu)\sigma_\theta - \nu\sigma_\rho)|_{\rho=b}.$$

Учитывая, что компонента тензора напряжений σ_θ из уравнения равновесия

$$\sigma_\theta = \frac{\rho}{2} \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho,$$

находим нужное представление

$$(1-\nu) \frac{\rho}{2} \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} |_{\rho=b} + (1-2\nu)\sigma_\rho |_{\rho=b} = \frac{Eu_b}{b}.$$

При выборе граничных условий $\sigma_\rho|_{\rho=a} = -p_a$, $u|_{\rho=b} = u_b$, величины A, B в (11) будут вычисляться по формулам

$$A = \frac{(1-3\nu)b^3\lambda + 2(Eu_b - bT_b E\alpha)b^2}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} + \frac{(1+\nu)(b\lambda - p_a a)a^2}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3},$$

$$B = \frac{(1-3\nu)\lambda - 2T_b E\alpha}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} \frac{a^3 b^3}{2} + \frac{Eu_b a + (1-2\nu)(p_a a - b\lambda)b}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} a^2 b^2.$$

Если до процесса нагружения в теле нет необратимых деформаций (гипотеза естественного состояния [2]), то в области упругого состояния упругие деформации являются полными.

6. Эквивалентное напряжение

Для оценки напряженного состояния в точках упругой области вводится эквивалентное напряжение. Эквивалентное напряжение позволяет определять в каких точках происходит нагружение, разгрузка или нейтральное нагружение. Эквивалентное напряжение определяется по правилам, аналогичным правилам, устанавливаемым при задании функции пластичности [2-4]. Когда рассматривается модель упругопластического тела, то эквивалентное напряжение равно функции пластичности.

Определим эквивалентное напряжение

$$\sigma_{eq} = (\sigma_\theta - \sigma_\rho)^2.$$

Учитывая формулы (13)

$$\sigma_{eq} = \left(\frac{\lambda b}{2\rho} + \frac{3}{2} \frac{a\Delta p - \lambda(b-a)}{b^3 - a^3} \frac{a^2 b^3}{\rho^3} \right)^2.$$

Максимальное значение эта функция достигает в точке

$$\rho = 3ab \sqrt{\frac{(b-a)\lambda - a\Delta p}{(b^3 - a^3)\lambda}}.$$

Пластическая область зарождается в точках, где при изменении нагрузки происходит нагружение и наибольшее значение эквивалентного напряжения будет $\sigma_{eq} = k^2$.

7. Пластическая область

Принимается аддитивное представление полных деформаций через обратимые и необратимые деформации. Обратимые деформации определяются соотношениями (6). Полные деформации должны удовлетворять условию совместности деформаций (7) и определяются через перемещения по формулам Коши.

Приращения необратимых деформаций связаны с напряжениями нормальным законом

$$\frac{d\varepsilon_{\theta}^p}{\partial f / \partial \sigma_{\theta}} = \frac{d\varepsilon_{\rho}^p}{\partial f / \partial \sigma_{\rho}}. \quad (14)$$

Соотношения (14) при выборе нелинейных функций пластичности в общем случае приводят к неинтегрируемым соотношениям [3]. Поэтому в дальнейшем для получения определяющих уравнений вместо (14) будем использовать нормальный закон пластического деформирования

$$\frac{\varepsilon_{\theta}^p}{\partial f / \partial \sigma_{\theta}} = \frac{\varepsilon_{\rho}^p}{\partial f / \partial \sigma_{\rho}}.$$

В пластической области компоненты тензора напряжений связаны уравнением равновесия и условием пластичности. Для идеального пластического тела задача определения напряжения является статически определимой. Для упрочняющегося пластического тела задача определения не будет статически определимой и необходимо решать совместную задачу определения напряжений и перемещений.

Не умаляя общности, будем рассматривать условие пластичности вида:

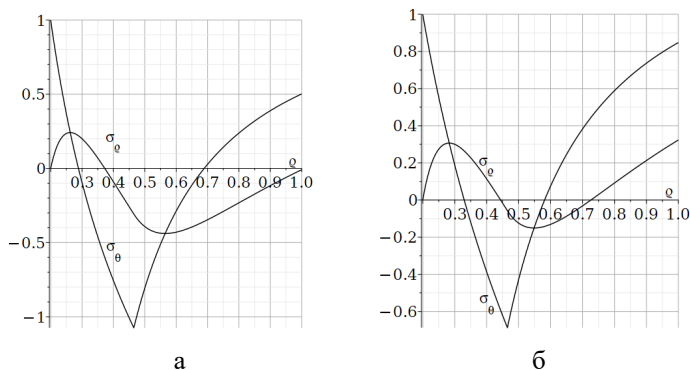
$$F(\sigma_{\rho}, \sigma_{\theta}, \varepsilon_{\rho}^p, \varepsilon_{\theta}^p) = (\sigma_{\theta} - \sigma_{\rho} - \delta(\varepsilon_{\theta}^p - \varepsilon_{\rho}^p))^2.$$

В данном случае задача определения напряжений и перемещений в пластической области сводится к решению системы двух линейных уравнений первого порядка (алгоритм вывода уравнений аналогичен алгоритму, предложенному в работе [10])

$$\frac{\rho}{2} \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0,$$

$$\rho \frac{d\sigma_\theta}{d\rho} + \frac{2\delta(1-\nu)}{(1+2(1-\nu)\delta)} (\sigma_\theta - \sigma_\rho) + E_\alpha \left(\rho \frac{dT}{d\rho} + 4T \right) + \frac{k}{\delta} = 0.$$

На рис.2 приведены графиков для компонент тензора напряжений $\sigma_\rho, \sigma_\theta$, когда $a = 0.2$, $b = 1$, $k = 1$, $\nu = 0.3$, $\alpha E = 0.012$, $T_a = 350$, $T_b = 0$.



$a - \delta = 0$, $b - \delta = 0.05$
 Рис. 2. Распределение напряжений

Заключение

Полученные результаты показывают, что при определении напряженного состояния полого шара влияние упрочнения материала может оказывать определенный эффект.

Список литературы

1. Ляв А. Математическая теория упругости / А. Ляв. – М.: ОНТИ НКТП СССР – 1935. – 674 с.
2. Качанов Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М.: Наука. – 1969. – 420 с.
3. Lubliner J. Plasticity. Theory / J. Lubliner. – New York. Dover Publications, Incorporated. – 2008. – 540 p.
4. Chakrabarty J. Theory of Plasticity / J. Chakrabarty. – Amsterdam: Elsevier. – 2005. – 896 p.
5. Дац Е. П. Расчет накопленной остаточной деформации в процессе нагрева-охлаждения упругопластического шара / Е. П. Дац,

С. Н. Мокрин, Е. В. Мурашкин // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2012. – № 4. – С. 250–264.

6. Дац Е. П. Вычисление необратимых деформаций в полом упругопластическом шаре в условиях нестационарного температурного воздействия / Е. П. Дац, Е. В. Мурашкин, Р. Велмуруган // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2015. – № 3. – С. 168–175.

7. Haigh B. P. Strain-energy Function and the Elastic / B. P. Haigh // Limit Report of the Eighty-Seventh Meeting of the British Association for the Advancement of Science. – John Murray, Bournemouth. – 1920. – P. 486–495.

8. Westergaard H. M. On the resistance of ductile materials to combined stresses in two or three directions perpendicular to one another / H. M. Westergaard // Journal of the Franklin Institute. – 1920. – V. 189 (5). – P. 627–640.

9. Haar A. Zur Theorie der Spannungszustände in plastischen und sandartigen Medien / A. Haar, Th. v. Kármán // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math. phys. Klasse. – 1909. – H. 2. – S. 204–218.

10. Semka E. V. Mathematical modeling of rotating disk states / E. V. Semka, M. A. Artemov, Y. N. Babkina, E. S. Baranovskii & oll // Journal of Physics: Conference Series 1479 (2020) 012122.

Модель исследования и прогнозирования вредных веществ в атмосфере

Н. Н. Таштемирова, email: nodira3110@mail.ru
И. С. Набиева, email: irodamubina777@gmail.com

Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и искусственного интеллекта

***Аннотация.** Основные погодно-климатические параметры, влияющие на процесс распространения вредных веществ в атмосфере, были проанализированы с целью прогнозирования и мониторинга состояния атмосферы промышленных регионов. Для этого была разработана математическая модель, которая расщепляет задачу по физическим свойствам и проведены вычислительные эксперименты на ЭВМ.*

***Ключевые слова:** атмосфера, турбулентность, диффузия, температура, эрозия почвы, вязкость, влажность почвы.*

Введение

Вопросы защиты окружающей среды с каждым годом становятся всё более значимыми. Исследования и долгосрочные наблюдения указывают на то, что активные действия человека оказывают влияние на экосистемы, водные ресурсы, почву и атмосферу.

В этой связи, особенно актуальны задачи прогноза по уровням загрязнений при проектировании и возведении новых промышленных объектов с учетом соблюдения установленных норм загрязнения. При разработке проектов учитываются высокие уровни загрязнений и неблагоприятные метеоусловия, такие как изменения влажности, давления, температуры, ветра и его направления, а также другие изменяющиеся в течение времени параметры. Эти факторы могут быть включены в математические модели с использованием современных информационных технологий.

Созданные математические модели позволяют посредством компьютерных экспериментов выявлять ключевые факторы, влияющие на экологическое состояние промышленных территорий, и определять оптимальное расположение новых объектов с учётом климатических и географических условий. Это способствует улучшению качества воздуха и экологической ситуации в рассматриваемых регионах, и сохранению благоприятных условий для живой природы.

Так, участниками научной школы А.Е. Алояна достигнуты значительные результаты в области моделирования атмосферных процессов, включая перенос и трансформацию загрязняющих веществ в атмосфере [1]. В их исследованиях применяются различные математические подходы и методы для анализа и оптимизации данных, в том числе для изучения турбулентности и распространения загрязнений в приземном слое атмосферы.

Моделирование также помогает прогнозировать распространение загрязнений вблизи промышленных объектов, что важно для планирования их расположения и работы [2-3].

Использование различных математических подходов, таких как модели Эйлера и Навье-Стокса, позволяет имитировать начальные стадии образования пылевых облаков и их взаимодействие с окружающей средой [4-6]. Исследования в области гидродинамики и аэрозольной динамики предоставляют важные данные для понимания процессов в атмосфере. Важным аспектом является идентификация аэрозолей разного происхождения и изучение химического состава атмосферных осадков, что способствует лучшему пониманию экологических процессов [7-10].

В целом, работы по математическому моделированию атмосферных процессов, включая исследования Г.И. Марчука и других учёных [10], способствуют развитию методов прогнозирования погоды, изучению климата и защите окружающей среды. Также значительный вклад вносят исследования по эрозии почвы, показывающие влияние скорости ветра и влажности почвы на распространение эрозии и загрязняющих веществ [11-12].

Тем не менее, необходимо дальнейшее развитие в изучении распространения загрязнений с помощью математических моделей для более точного описания процессов в атмосфере и подземных водах. Поэтому данная работа фокусируется на таком аспекте, как выброс частиц загрязняющей примеси с поверхности земли вследствие ветровой эрозии почвы.

1. Материалы и методы

Общую зависимость выноса частиц с подстилающей поверхности можно записать так:

$$\theta = f(u, w) \quad (1)$$

где f - объём выброса частиц ($\text{м}^3/\text{с}$).

Для выяснения характеристик функции (1) проанализируем силы, которые являются причиной эрозии почвы, а также те, которые препятствуют этому процессу. Силы, вызывающие эрозию (скорость

набегающего потока), обозначим F . И напротив, противодействующие силы, к которым относятся влажность почвы и её другие физико-механические характеристики [13] обозначим R .

При динамическом равновесии разность сил равна нулю

$$F - R = 0 \quad (2)$$

Если $F - R > 0$, то имеет место процесс эрозии почвы [14].

F определяется, главным образом, величиной касательного напряжения набегающего потока, причем чем больше твердых частиц в потоке, тем выше эрозионный эффект. Для вывода зависимости составим выражения для этих сил. Связь между скоростью ветра и объемом выноса частиц θ можно выразить следующим образом:

$$F = \frac{\partial \theta}{\partial u} \cdot \chi, \quad (3)$$

где χ - касательное напряжение ($\text{кг}/\text{м}^2$).

Выражение для силы сопротивления R , представим так:

$$R = c_0 \frac{\mu}{l} \frac{\partial \theta}{\partial w}, \quad (4)$$

где μ - вязкость смеси (воздух + почва), ($\text{кг} \cdot \text{с}/\text{м}^2$); l - расстояние между отдельными частицами (м); c_0 - показатель типа почвы.

Подставляя (3) и (4) в (2) имеем

$$\frac{\partial \theta}{\partial u} - c_0 \frac{\mu}{l \chi} \frac{\partial \theta}{\partial w} = 0. \quad (5)$$

Рассмотрим выражение $c_0 \mu / (l \chi)$ из уравнения (5). Если приближенно считать, что касательное напряжение определяется значением внешней скорости u_∞ , т.е. $\chi = u_\infty$, то это выражение представить так

$$c_0 \mu / (l \chi) = c_0 \mu / (l u_\infty). \quad (6)$$

В полученном выражении переменной величиной остается вязкость смеси μ , которая, главным образом, определяется влажностью почвы – чем выше влажность почвы, тем выше сила сцепления между отдельными частицами. Тем самым, выражения (6) можем полагать зависящим от некоторой функции влажности, т.е.

$$c_0 \mu / (l u_\infty) \cong c'_0 f(w). \quad (7)$$

Функцию $f(w)$ заменим более простой зависимостью

$$f(w) \cong c_0 c'_0 w. \quad (8)$$

И окончательно зависимость (8) примем в виде

$$c_0 \mu / (lu_\infty) \cong c_0 f(w) \cong c_0 c'_0 w = k_p w. \quad (9)$$

где k_p - константа почвы (с/м).

Возвращаясь к (5), имеем

$$\frac{\partial \theta}{\partial u} - k_p w \frac{\partial \theta}{\partial w} = 0. \quad (10)$$

Интегрирование уравнения (10) дает две произвольные постоянные (c_1, c_2), а с учетом k_p , мы должны определить три постоянные c_1, c_2, k_p . Поэтому граничные условия должны быть заданы для трех значений θ . Принимаем граничные условия следующего вида:

$$\left. \begin{aligned} \theta = \theta_1 : w = w_1, u = u_1; \\ \theta = \theta_2 : w = w_2, u = u_2; \\ \theta = \theta_3 : w = w_3, u = u_3. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Решение (11) имеет следующий вид

$$\theta = c_1 w^{c_2/k_p} e^{c_2 u}. \quad (12)$$

Причем, k_p - отрицательная величина. Формула (12) справедлива для случая $u > 0$. Согласно граничным условиям (11) получены следующие выражения для постоянных:

$$c_2 = \ln(\theta_1 / \theta_2) / (u_1 - u_2), \quad (13)$$

$$k_p = c_2 \ln(w_1 / w_2) / \ln(\theta_2 / \theta_3), \quad (14)$$

$$c_1 = \theta_1 w_1^{-c_2/k_p} e^{-c_2 u_1}. \quad (15)$$

2. Результаты

Для сравнения полученной зависимости (12) с натурными экспериментами были вычислены коэффициенты для конкретного типа почвы. Например, для лугово-аллювиальной почвы, было получено: $c_1 = 1,29$, $c_2 = 0,745$, $k_p = -0,515$.

Алгоритм расчета объема выноса частиц θ дает расхождение расчетных и экспериментальных данных в пределах 10-15%, что объяснимо погрешностями эксперимента.

Таким образом, на основании (13)-(15) можно вычислить значения постоянные c_1 , c_2 , k_p для различных типов почв. Интенсивность ветровой эрозии θ в зависимости от u при различной степени увлажнения почвы w приведены на рис. 1-2.

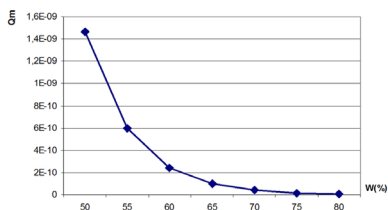


Рис. 1. Интенсивность выноса частиц в зависимости от влажности почвы

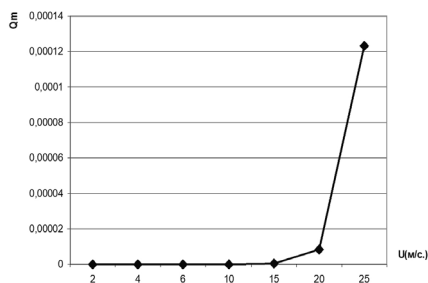


Рис. 2. Интенсивность выноса частиц в зависимости от скорости ветра

Как демонстрируется на рис. 1, с ростом уровня влажности почвы при неизменной скорости ветра (здесь 3,1 м/с), количество выносимых с поверхности почвы частиц постепенно уменьшается. Однако, когда скорость воздушного потока достигает определённого предела (~20 м/с), то происходит резкое возрастание интенсивности выноса частиц из-за турбулентности потока (рис. 2).

Влияние состава почвы на скорость выноса частиц показано на рис. 3-4. А именно, на рис. 3 показано, что при повышенном содержании хлора объем выноса частиц с поверхности почвы снижается. Это

связано с высокой адгезией частиц хлора. В этом случае скорость ветра остается постоянной (3,1 м/с).

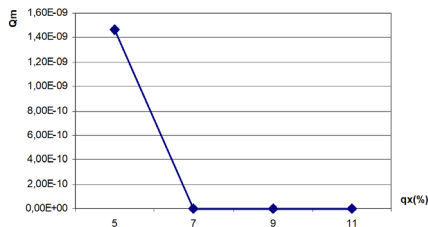


Рис. 3. Интенсивность выноса частиц в зависимости от содержания хлора в почве

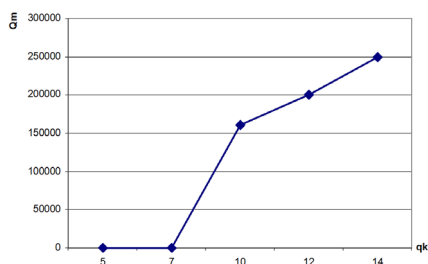


Рис. 4. Интенсивность выноса частиц в зависимости от содержания бикарбоната натрия в почве

Когда в почве больше гидрокарбоната натрия (рис. 4), то объём выноса частиц уменьшается, потому что частицы этого вещества обладают меньшей сцепляемостью.

Закключение

Предложенный математический аппарат для анализа процесса распространения загрязняющих примесей в атмосфере имеет потенциал применения в экологических исследованиях, включая прогнозирование распространения радиоактивных частиц, неорганических аэрозолей, пыльцы или других биологических частиц. Однако, точность предложенной модели полностью зависит от детализации реальных метеорологических данных и пространственных данных, описывающих топографию местности. Кроме того, при проведении вычислительных экспериментов и интерпретации результатов следует учитывать ограничения метода Эйлера при решении задачи в более сложных постановках.

Список литературы

1. Алоян А.Е. Математическое моделирование взаимодействия газовых примесей и аэрозолей в атмосферных дисперсных системах // Вычислительная математика и математическое моделирование: сб. трудов междунар. конф. Т. 1. - М., 2000. - С. 214-230.
2. Пененко В.В. Вариационные принципы и оптимизация во взаимосвязанных задачах экологии и климата. // Вычислительная математика и математическое моделирование: сб. трудов междунар. конф. Т.1. – М., 2000. – С. 135-148.
3. Лайтхман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. – Л., 1970.
4. V. M. Khazins, V. V. Shuvalov, S. P. Soloviev. Numerical Modeling of Formation and Rise of Gas and Dust Cloud from Large Scale Commercial Blasting. // Atmosphere 2020, 11, 1112; doi:10.3390/atmos11101112 www.mdpi.com/journal/atmosphere
5. C. Gualtieri, A. Angeloudis, F. Bombardelli, S. Jha, T. Stoesser. On the Values for the Turbulent Schmidt Number in Environmental Flows.// Fluids 2017, 2, 17; doi:10.3390/fluids2020017 www.mdpi.com/journal/fluids
6. Kozii. I. Development of the Turbulent Diffusion Model of Fine Suspended Substances in the Lower Atmosphere Layer. / I. Kozii , L. Plyatsuk, T. Zhylenko, L. Hurets, Y. Bataltsev, D. Sayenkov // ISSN 1392–1320 Materials science (Medžiagotyra). Vol. 28, No. 4. 2022. <http://dx.doi.org/10.5755/j02.ms.30223>
7. Cathy W. Y. Li, Guy P. Brasseur, Hauke Schmidt, Juan Pedro Mellado. Error induced by neglecting subgrid chemical segregation due to inefficient turbulent mixing in regional chemical-transport models in urban environments. / // Atmos. Chem. Phys., 21, 483–503, 2021 <https://doi.org/10.5194/acp-21-483-2021>
8. Maithili Mathematical Modeling of Diffusion and Transport of Pollutants in the Atmospheric Boundary Layer / Maithili sharan, G. Gopalakrishnan // Pure and Applied Geophysics. 160 (2003) 357–394 0033–4553/03/020357–38]
9. Лавриненко Р.Ф. К вопросу о формировании химического состава атмосферных осадков // Естественные и антропогенные аэрозоли: 3-я междунар. конф. – СПб., 2001. – С.14-35.
10. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М, 1982.
11. Наац В.И. Аналитические модели пространственных задач переноса субстанции в пограничном слое атмосферы / В.И. Наац // Междунар. шк.-сем. по геометрии и анализу памяти Н.В. Ефимова. – Ростов-на-Дону, 2004. – С.214-216.

12. Наац И.Э., Наац В.И. Метод интегральных уравнений в задачах переноса // Вестник Сев.-Кав. гос. технич. университета. Серия «Физико-химическая». – 2002. – №6. – С. 99-101.

13. Мирзажанов К.М. Ветровая эрозия орошаемых почв Узбекистана и борьба с ней. – Т.: Фан, 1973.

14. Равшанов Н., Тоштемирова Н. монография «Процесс переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере» Методология компьютерного моделирования 2016 OmniScriptum Gmb&Go.KG

Математическая модель оценки количества беспилотных летательных аппаратов, необходимых для решения задач воздушной разведки

А. И. Тищенко, email: aleksei.tishenko@yandex.ru

С. В. Беспалов, email: antonn58@ya.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА»

***Аннотация.** В работе рассматривается математическая модель оценки беспилотных летательных аппаратов, необходимых для решения задач воздушной разведки на основе критерия предельного уровня.*

***Ключевые слова:** Математическая модель, беспилотный летательный аппарат, критерий предельного уровня.*

Введение

Бурное развитие беспилотной авиации, привело к тому, что во многих министерствах и ведомствах вводятся штатные подразделения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Их предназначение – выполнение задач, связанных с воздушной разведкой различного рода объектов, направленных на обеспечение безопасной жизнедеятельности граждан, сохранности охраняемых объектов и т.д.

В этих условиях, определение достаточного количества БПЛА, необходимого для решения задач воздушной разведки заданных объектов, является одной из важнейших задач, стоящей перед руководителем подразделения БПЛА. Он должен взвешенно принять решение о достаточном количестве привлекаемых штатных БПЛА, обеспечивающих выполнения поставленной задачи в установленный срок и с требуемым качеством.

Качество принятого решения станет выше, если руководитель подразделения БПЛА в ходе предварительных этапов его принятия использует не только свою интуицию и опыт, но и количественные характеристики, учитывающие условия поставленной задачи, возможности подразделения по ее решению, исходя из текущей обстановки. Количественные характеристики можно получить на основе соответствующей математической модели.

Целью статьи является разработка математической модели оценки количества БПЛА, необходимого для ведения воздушной разведки.

Для решения поставленной цели предлагается использовать критерий предельного уровня [1]. Критерий позволяет определить приемлемый способ действия руководителя подразделения БПЛА из допустимых вариантов.

Выбор критерия предельного уровня обусловлен следующими причинами.

Во-первых, количество привлекаемых для выполнения воздушной разведки БПЛА в единицу времени (интенсивность спроса) носит случайный характер, в силу случайного характера целого ряда причин, таких, как погодные условия во время выполнения полета на воздушную разведку, размера и физико-географические особенности района мониторинга, технических характеристик и состояния используемых БПЛА и установленных на них средств полезной нагрузки и т.д.

Во-вторых, в распоряжении руководителя подразделения БПЛА находится ограниченное количество расчетов и комплексов с БПЛА, в силу имеющегося штата. При решении поставленных задач, руководитель может столкнуться с ситуациями, когда количество БПЛА, привлекаемых для ведения разведки, либо недостаточно («дефицит»), либо излишне («излишек»). В первом случае есть вероятность пропуска заданных объектов поиска, во втором случае неоправданные экономические и материальные издержки. Оценить в каждом конкретном случае ошибки принятия решения не всегда представляется возможным. Выбор приемлемого варианта действий из возможных, позволит решить указанную проблему.

В-третьих, практическое использование критерия предельного уровня не предполагает обязательного знания законов распределения случайной величины.

1. Постановка задачи

Пусть руководителю подразделения БПЛА поставлена задача – выполнить воздушную разведку заданного района в установленный срок t с целью обнаружения и последующим наблюдением за объектом мониторинга. Время суток – день.

Объект поиска – цель подвижная, средств обнаружения БПЛА не имеет. Место расположения в пределах района поиска площадью x распределено по равновероятному закону.

Руководителю подразделения БПЛА для принятия решения и постановки задачи личному составу необходимо определить:

- количество привлекаемых для выполнения задания расчетов БПЛА и летательных аппаратов;
- полезную нагрузку, устанавливаемую на БПЛА;

– порядок проведения воздушной разведки – способ поиска, высота H и скорость полета БПЛА V во время выполнения разведки.

Исходя из оперативности получения информации, возможности непрерывного наблюдения за объектом поиска, руководитель подразделения БПЛА принял решение:

– поиск осуществлять визуально по монитору наземного пункта (станции) управления с применением оптико-электронных средств (ОЭС) (фото-, видеокамер), установленных на беспилотном летательном аппарате, с одновременной передачей видеоинформации по радиоканалу заинтересованным лицам;

– поиск в районе мониторинга осуществлять методом галсирования, с указанием пунктов поворота, высоты H и скорости полета БПЛА V , при обнаружении объекта поиска, полет осуществлять по кругу, обеспечивающему постоянный контроль за объектом поиска.

Для количественной оценки количества привлекаемых для проведения воздушной разведки расчетов и летательных аппаратов рассмотрим представленную ниже математическую модель, построенную на основе теорий массового обслуживания и предельного уровня.

2. Математическая модель

Особенностью предлагаемой модели является то, что решение задачи предельного уровня спроса на БПЛА, необходимых для выполнения воздушной разведки района мониторинга за интервал времени t , осуществляется на основе интенсивности обнаружения объекта разведки различным сочетанием БПЛА. Пусть штат подразделения БПЛА насчитывает N БПЛА.

Обозначим через x спрос в единицу времени (интенсивность спроса) на БПЛА, необходимых для проведения воздушной разведки района мониторинга за интервал времени t . Если функция распределения $f(x)$ известна, то оценку приемлемого количества БПЛА можно выполнить на основе совместного решения уравнений ожидаемого «дефицита» D (1) и «излишков» I (2) [1]:

$$D = \int_A^{\infty} (x - A) f(x), \quad (1)$$

$$I = \int_0^A (A - x) f(x). \quad (2)$$

Если функция распределения не известна, то в этом случае оценку приемлемого количества БПЛА можно выполнить на основе совместного решения уравнений (3) и (4) [1]:

$$D = \sum_{x=A}^N (x - A) P(x), \quad (3)$$

$$I = \sum_{x=0}^A (A - x) P(x), \quad (4)$$

где $P(x)$ – распределение вероятностей дискретной случайной величины x .

Решим поставленную задачу применительно ко второму случаю, когда функция $f(x)$ не известна. Требуется получить распределение $P(x)$.

Обозначим через x_1 интенсивность спроса на выполнение воздушной разведки одним расчетом БПЛА и одним летательным аппаратом (в дальнейшем под БПЛА будем понимать расчет и беспилотный летательный аппарат). Согласно теории массового обслуживания [2], вероятность проведения воздушной разведки за интервал времени t одним БПЛА определяется выражения (5):

$$P(x_1) = 1 - e^{-\lambda_1 t}, \quad (5)$$

где λ_1 – средняя интенсивность поиска объекта воздушной разведки одним БПЛА за интервал времени t .

Неизвестная средняя интенсивность λ_1 рассчитывается с использованием выражения (6) [3]:

$$\lambda_1 = \frac{4D_0 m_{v_0} p_0}{S(2 - p_0)}, \quad (6)$$

где D_0 – дальность поля зрения ОЭС, установленных на БПЛА, при угле визирования 0° ; m_{v_0} – математическое ожидание относительной скорости движения БПЛА по отношению к объекту поиска; S – площадь района воздушной разведки; p_0 – вероятность того, что попавший в поле зрения ОЭС БПЛА объект поиска будет обнаружен и распознан.

Дальность поля зрения ОЭС D_0 определяется на основе выражения (7) [4]

$$D_0 = 2H \operatorname{tg} \frac{\alpha_z}{2}, \quad (7)$$

где α_z – горизонтальный угол поля зрения объектива, установленного на оптико-электронное средство.

Определение математического ожидания относительной скорости движения БПЛА по отношению к объекту поиска m_{V_0} , с учетом допущения в пределах от 0 до 2π равномерного закона распределения разности курса движения БПЛА и направления на объект поиска, осуществляется по выражению (8) [3]

$$m_{V_0} = \frac{2(V + V_0)}{\pi} E \left(\frac{2\sqrt{VV_0}}{V + V_0} \right), \quad (8)$$

где V_0 – скорость движения объекта поиска, $E \left(\frac{2\sqrt{VV_0}}{V + V_0} \right)$ – полный эллиптический интеграл второго рода.

Вероятность того, что объект поиска, попавший в поле зрения объектива ОЭС за интервал времени t будет обнаружен p_0 , рассчитывается с использованием выражения (9) [4]

$$p_0 = 1 - \exp \left(-0,015 \left(\frac{l_2 f}{RH} - 1 \right)^2 \left| \frac{l_2 \sin \left(\alpha - \frac{\alpha_z}{2} \right) \sin \left(\alpha + \frac{\alpha_z}{2} \right)}{2H \cos \alpha \sin \left(\frac{\alpha_z}{2} \right)} \right| \left| \frac{l_2}{V} \right| \tau \right), \quad (9)$$

где l_2 – линейные размеры объекта поиска по направлению полета БПЛА; f – фокусное расстояние объектива оптико-электронного средства, установленного на БПЛА; R – линейное разрешение оптико-электронного средства на местности; α – угол визирования оптико-электронного средства; α_z – вертикальный угол поля зрения объектива оптико-электронного средства; τ – частота кадров съемки.

Среднее время поиска t_{cp} одним беспилотным летательным аппаратом объекта поиска, находящегося в заданном районе, связано с интенсивностью поиска соотношением (10) [3]

$$t_{cp} = \frac{1}{\lambda_1} \quad (10)$$

В этом случае, вероятность обнаружения объекта разведки одним беспилотным летательным аппаратом в течении времени t определяется выражением (11):

$$P(x_1) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{t_{cp}}\right). \quad (11)$$

В этом случае вероятность спроса на проведение воздушной разведки заданного района поиска силами одного расчета БПЛА x_1 составит $P(x_1)$.

Если воздушную разведку планируется выполнить силами расчета, имеющим в своем составе два БПЛА, расположенных между собой в ходе выполнения разведки параллельно по фронту полета, то в этом случае: интенсивность спроса на выполнение воздушной разведки двумя БПЛА обозначим как x_2 ; средняя интенсивность поиска λ_2 будет равна $2\lambda_1$; вероятность обнаружения объекта разведки двумя БПЛА за интервал времени t определится выражением (12):

$$P(x_2) = 1 - \exp\left(-\frac{2t}{t_{cp}}\right). \quad (12)$$

По аналогии получим для $P(x_N)$, представленную выражением (13)

$$P(x_N) = 1 - \exp\left(-\frac{Nt}{t_{cp}}\right). \quad (13)$$

Если сумма вероятностей $P(x_1) + P(x_2) + \dots + P(x_N)$ больше или меньше 1, то нормируем каждую вероятность таким образом, чтобы нормированная сумма вероятностей была равна 1. В результате получим распределение вероятностей дискретной случайной величины $P(x)$, и оценку количества беспилотных летательных аппаратов, необходимых для решения задач воздушной разведки выполним на основе приемлемого решения уравнений (3), (4).

Если на основе метода наименьших квадратов определить вид функции распределения $f(x)$, то оценку количества беспилотных летательных аппаратов, необходимых для решения задач воздушной разведки можно выполним на основе приемлемого решения уравнений (1), (2).

3. Численное исследование математической модели

Проведем численное исследование предложенной математической модели применительно к подразделению БПЛА, имеющего в своем составе $N = 6$ беспилотных летательных аппаратов, на которых в качестве полезной нагрузки установлены видеокамеры.

Гипотетические параметры района мониторинга, объекта поиска, полета БПЛА во время проведения воздушной разведки и технические характеристики установленной на летательном аппарате полезной нагрузки:

- Район поиска: длина x ширина x площадь – 50000 метров x 30000 метров x 1500000000 квадратных метров.

- Объект поиска: малоподвижный тягач, длина x ширина которого соответственно $-7,5$ x $2,5$ метра; скорость движения – 5 километров в час.

- Параметры полета БПЛА во время проведения воздушной разведки: высота – 500 метров; скорость – 100 километров в час.

- Характеристики видеокамеры с объективом: угол визирования объектива оптико-электронного средства – 0° ; фокусное расстояние – 20 миллиметров; вертикальный и горизонтальный углы поля зрения объектива оптико-электронного средства – 44° ; линейное разрешение оптико-электронного средства на местности, на высоте полета 300 метров – 0,05 метров; скорость съемки (частота кадров) – 25 кадров в секунду.

Результаты численного исследования. Распределение вероятностей дискретной случайной величины x представлено на рис. 1.

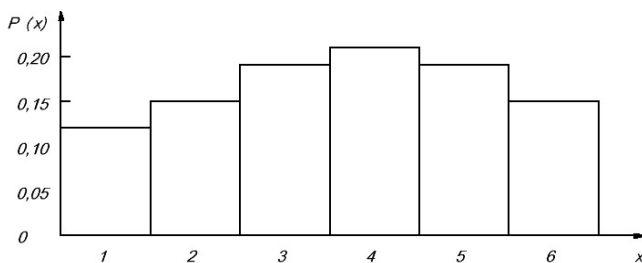


Рис. 1. Распределение вероятностей дискретной случайной величины x

Результаты решений уравнений (3), (4) представлены на рис. 2.

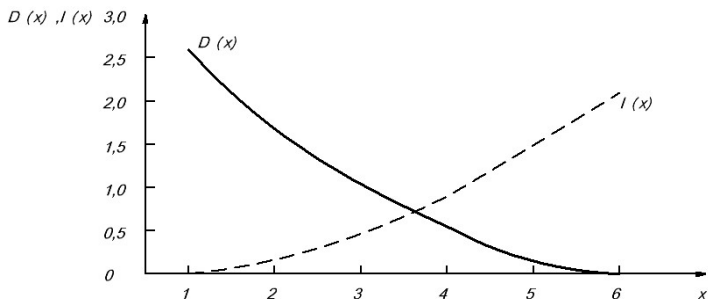


Рис. 2. Результаты решений уравнений выражений (3), (4)

Функция распределения $f(x)$ имеет вид:

$$f(x) = -0,01x^2 + 0,08x + 0,04. \quad (14)$$

Результаты решений уравнений (1), (2) с использованием (14) представлены на рис. 3.

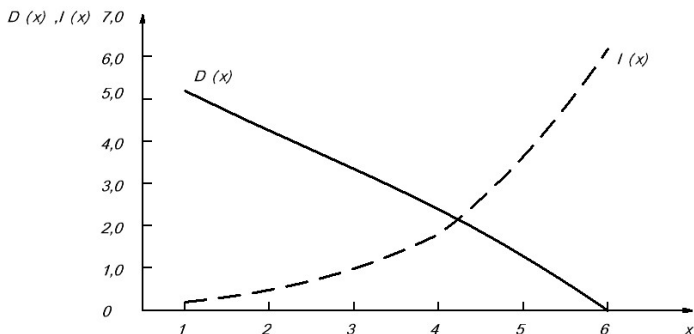


Рис. 3. Результаты решений уравнений (1), (2)

Заключение

Анализ полученных результатов показывает, что для выполнения поставленной задачи руководителю подразделения БПЛА необходимо привлечь четыре расчета БПЛА.

Результаты численного исследования были представлены руководителям и операторам БПЛА для получения экспертной оценки

адекватности модели. По отзывам экспертов, полученные результаты соответствуют действительности.

Таким образом, на основании адекватности математической модели, можно сделать вывод, что предложенную математическую модель можно использовать для автоматизации процесса разработки документов, необходимых для принятия решения руководителем подразделения БпЛА.

Список литературы

1. Волков, И.К. Исследование операций: учебник для вузов / И.К. Волков, Е.А. Загоруйко под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд. МГТУ им Н.Э. Баумана, 2000. – 436 с.
2. Бочаров, П.П. Теория массового обслуживания: учебник / П.П. Бочаров, А.В. Печенкин. – М.: Изд. РУДН, 1995. – 529 с.
3. Волгин, Н.С. Исследование операций / учебник т.1 / Н.С. Волгин. – Санкт-Петербург: Изд. Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Т. Кузнецова, 1999. – 366 с.
4. Тищенко, А.И. Математическая модель вероятности обнаружения точечной цели оператором полезной нагрузки оптико-электронной системы беспилотного летательного аппарата / А.И. Тищенко, С.П. Артыщенко // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. – 2020. – №13(3). – с. 328-333.

Механическая модель турбулентного движения

А. В. Толкачев, email: tolkachev.akim@mail.ru^{1,2}
К. К. Курлюков³

¹ ФГБОУ ВО ВГУ

² ФГБОУ ВО ВГЛТУ

³ Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

***Аннотация.** В работе исследуются вопросы, связанные с управлением и стабилизацией колебаний в иерархической цепочке осцилляторов с гистерезисными связями. Гистерезисные связи, формализуются с помощью феноменологической модели Боука-Вена. Рассматривается отклик механической системы на внешнее периодическое воздействие. Для этого строится, амплитудно-частотные характеристики (для каждого осциллятора), с помощью которых проводится сравнительный анализ и отмечается регулирующая роль гистерезиса на динамику системы.*

***Ключевые слова:** Энергетический каскад, нелинейность, динамическая система, турбулентность.*

Введение

Исследование турбулентности занимает центральное место, как в прикладной, так и в фундаментальной науке, в силу ее широкого распространения, как в природе, так и в различных областях, связанных с движением жидкости и газа. Несмотря на быстрый прогресс в области вычислительной техники и развитие численных методов с соответствующим математическим обеспечением, моделирование турбулентных потоков остается одной из наиболее сложных задач в механике жидкостей и газов. Для описания турбулентности, как правило применяются три различных подхода: статический, структурный и динамический. Однако ни один из них не предоставляет универсального математического метода описания этого нелинейного физического явления, поскольку каждый из них применим в различных ситуациях. Следовательно, разработка новых методов описания и моделирования турбулентного движения остается актуальной и важной задачей.

1. Описание модели

Рассмотрим систему как на рис. 1.

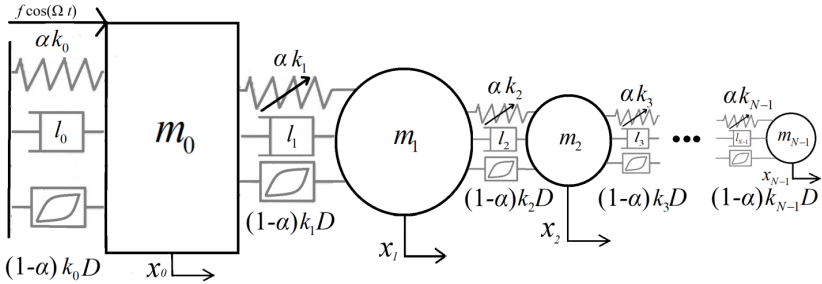


Рис. 1. Исследуемая система

Уравнения движения для механической системы из рисунка 1 будут иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_0 \ddot{x}_0 + \alpha k_0 x_0 + l_0 \dot{x}_0 + (1-\alpha)k_0 Dz_0^l + \\ \quad + \alpha k_1 (x_0 - x_1)^3 + l_1 (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) + (1-\alpha)k_1 Dz_0^r = f \cos(\Omega t), \\ \quad \dots \\ m_n \ddot{x}_n + \alpha k_n (x_n - x_{n-1})^3 + l_n (\dot{x}_n - \dot{x}_{n-1}) + (1-\alpha)k_n Dz_n^l + \\ \quad + \alpha k_{n+1} (x_n - x_{n+1})^3 + l_{n+1} (\dot{x}_n - \dot{x}_{n+1}) + (1-\alpha)k_{n+1} Dz_n^r = 0, \\ \quad \dots \\ m_{N-1} \ddot{x}_{N-1} + \alpha k_{N-1} (x_{N-1} - x_{N-2})^3 + l_{N-1} (\dot{x}_{N-1} - \dot{x}_{N-2}) + \\ \quad + (1-\alpha)k_N Dz_{N-1}^l = 0. \end{array} \right. \quad (1)$$

где z_n^l и z_n^r – гистерезисные переменные, являющиеся решением следующих дифференциальных уравнений (2) для левой и правой (l и r) стороны относительно n -ого осциллятора ($n = 1, 2, \dots, N-2$),

$$\dot{z}_n^l = \left[A - |z_n^l|^m \left(\beta + \text{sign}(z_n^l \cdot (\dot{x}_n - \dot{x}_{n-1})) \right) \right] \gamma \cdot (\dot{x}_n - \dot{x}_{n-1}),$$

$$\dot{z}_n^r = \left[A - |z_n^r|^m \left(\beta + \text{sign}(z_n^r \cdot (\dot{x}_n - \dot{x}_{n+1})) \right) \right] \gamma \cdot (\dot{x}_n - \dot{x}_{n+1}).$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

2. Верификация модели

Проведем верификацию модели. Для этого зададим параметры для уравнения движения так, чтобы формировалась иерархия слева на право [3,4].

Для этого пусть у первого линейного осциллятора $m_0 = 1, k_0 = 1, l_0 = 0.01$. Далее за ним у второго нелинейного осциллятора $m_1 = 0.05, k_1 = 0.5, l_1 = 0.001$. Параметры остальных осцилляторов в цепи в плоть до $N - 1$ задаются по правилам

$$m_n/m_{n+1} = 5, k_n/k_{n+1} = 50, l_n/l_{n+1} = 2, \\ n = 1, 2, \dots, N-1$$

Далее проведём серию вычислительных экспериментов и рассчитаем энергетический спектр $\hat{E}(\kappa)$, который будет показывать распределение общей энергии потока у различных масштабов $\kappa \sim 1/m_n$ (осцилляторов).

Закон «закон пяти третей», тогда можно выразить для энергетического спектра $\hat{E}(\kappa)$ турбулентного потока следующим образом:

$$\hat{E}(\kappa) \sim \kappa^{-5/3},$$

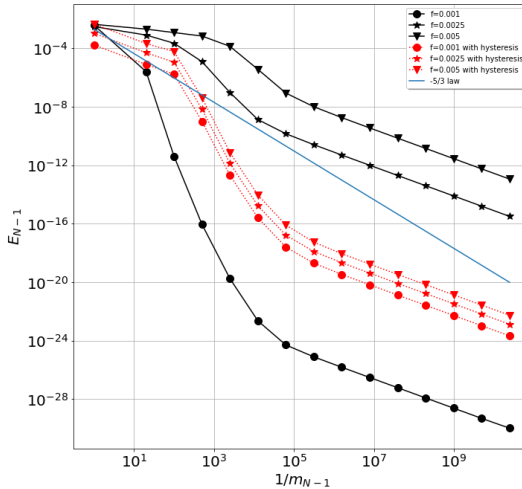


Рис. 2. Энергетический спектр системы

Из рис. 2 видно, как от первого осциллятора передается энергия остальным в цепи в виде каскада. С увеличением значения амплитуды внешнего воздействия ($f = 0.025, 0.005$ без гистерезиса) кривая характеризующая каскад становится лучше соответствовать закону передачи энергии Колмогорова (синяя прямая). А именно в этом случае энергия первого осциллятора остается постоянной, в то время как энергия последующих осцилляторов убывает в соответствии с сложным законом.

Заключение

Для проверки достоверности модели первый осциллятор подвергался воздействию внешней периодической силы с частотой, приближенной к резонансной. Затем был построен энергетический спектр как при наличии гистерезиса в связях, так и без него. Результаты демонстрируют некоторое соответствие с законом передачи энергии Колмогорова в турбулентных системах.

Список литературы

1. Ландау Л.Д. Статистическая гидромеханика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц – М.: Наука, 1986.
2. Волков К.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах в расчетах турбулентных течений. / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
3. Bak B.D. Energy Cascade in a Nonlinear Mechanistic Model of Turbulence / B.D. Bak T. Kalmar-Nagu // Tech. Mech. 39(1), 64–71 (2019)
4. Chen J. E. ntense cross-scale energy cascades resembling “mechanical turbulence” in harmonically driven strongly nonlinear hierarchical chains of oscillators / J. E. Chen, T. Theurich. M. Krack, T Sapsis, L. A. Bergman, A. F. Vakakis // Acta Mech <https://doi.org/10.1007/s00707-022-03159-w>

Исследование влияния репрезентативности исходных данных на успешность метеорологических прогнозов

И. И. Ульшин, email: ulshin@rambler.ru

А. С. Фатеев

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

***Аннотация.** Рассмотрена разработка метеорологических прогнозов возникновения тумана на основе искусственных нейронных сетей. Исследована зависимость между объемом используемого при обучении сетей архивного материала и общей оправдываемостью прогнозов. Определено минимально необходимое число наблюдений.*

***Ключевые слова:** объем выборки, нейронная сеть, общая оправдываемость, кластерный анализ.*

Введение

Качество метеорологического обеспечения различных потребителей зависит главным образом от точности и надежности прогнозов погоды. В настоящее время они не являются идеальными, в связи с чем любые исследования, направленные на совершенствование прогностических способов и повышение их оправдываемости, остаются актуальными.

1. Постановка задачи

Одной из проблем при разработке новых и усовершенствованных способов прогнозирования атмосферных параметров является организация репрезентативного архивного материала. В силу ряда причин в распоряжении специалиста может не оказаться достаточного объема исходных данных, которыми являются результаты метеорологических наблюдений в рассматриваемом районе. В некоторых случаях выйти из данного затруднения можно с использованием, например, данных реанализа, однако, подобные источники информации не являются в полной мере универсальными. В частности, в них не отражаются многие локальные явления погоды, не фиксируются время их возникновения и прекращения и т.д. Поэтому неизбежно возникает вопрос о достаточности имеющейся выборки

(короткого ряда наблюдений) для того, чтобы достоверность полученных результатов не вызывала сомнений.

Целью работы является повышение качества метеорологического обеспечения различных потребителей с использованием новых физико-статистических способов прогнозирования атмосферных условий, разрабатываемых в регионах, в которых отсутствуют результаты многолетних наблюдений за погодой.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- выбор метода построения прогностического способа;

- получение прогностических способов (моделей, алгоритмов,) на основе выборок, ранжированных по объему;

- оценка успешности полученных способов на основе критериев, предусмотренных руководящими документами [1, 2];

- определение минимально необходимого числа случаев в выборке для получения успешной прогностической модели (алгоритма, способа), анализ полученных результатов.

2. Выбор метода построения прогностического способа

В последние годы наблюдается бурное развитие нейросетевых технологий, которые находят широкое применение в самых различных областях – от математических вычислений, переводов и распознавания лиц до генерации текстов, изображений и иной реализации подобия искусственного интеллекта.

Искусственные нейронные сети позволяют разрабатывать и новые физико-статистические способы прогнозирования погодных условий. Обученные на имеющемся статистическом материале, они достаточно точно учитывают закономерности протекания атмосферных процессов и воспроизводят имеющиеся асинхронные связи между метеорологическими параметрами. Анализ сущности нейросетевого метода позволяет вообще считать его одним из самых удобных механизмов для прогнозирования. Поэтому при проведении данного исследования рассматривалась разработка нового прогностического способа именно на базе искусственных нейронных сетей.

При построении любого физико-статистического способа прогнозирования погодных условий требуют решения некоторые вопросы, в том числе касающиеся требований к объему используемого архивного материала. В рассматриваемом случае проблема обусловлена тем, что разрабатываются (обучаются) нейросети на основе одного материала – обучающей выборки, а используются, оперируя фактическими исходными данными. Поэтому в ходе их разработки

метеорологами обязательным этапом является проверка по независимой (контрольной) выборке.

Размер обучающей выборки непосредственно влияет на способность нейросети к обобщению и прогнозированию. При малом количестве данных информации может быть недостаточно для получения удовлетворительных результатов. В подобных случаях могут быть реализованы специальные подходы, позволяющие успешно решить данную проблему, однако, они не лишены определенных недостатков. К примеру, активное обучение (active learning) [3] предполагает излишнее участие человека в процессе обучения при задании «реперных» вариантов. Генерация синтетических данных, которые основаны на наблюдениях в иных регионах, представляется недопустимой. Использование стратегии переноса обучения (transfer learning) [4] в принципе возможно, однако, необходимо располагать предварительно обученной на большом объеме данных нейронной сетью, предназначенной для решения аналогичных задач и т.д.

В то же время, с увеличением объема выборки нейросети даже без использования дополнительных процедур лучше улавливают закономерности в данных и, как правило, ошибки прогнозирования становятся незначительными. Можно предположить, что минимально необходимый объем обучающей выборки зависит от конкретной задачи и сложности данных. При этом увеличение выборочной совокупности может привести как к существенному увеличению качества работы нейросети, так и к достижению некоторого «плато» результатов.

3. Получение прогностических способов и оценивание их успешности

В качестве примера рассматривалась разработка способа прогнозирования возникновения тумана в районе г. Брянска. Для этого была организована архивная выборка, содержащая результаты наблюдений за погодой в течение 10 лет. Объем выборки составил 2350 случаев, в которые вошли наблюдения с туманом и без него в соотношении, характерном для климатических условий данного региона. Выборка была разделена на обучающую и контрольную в соотношении 2:1. По обучающей выборке, объем которой увеличивался с шагом в 10 случаев, проводилась разработка прогностического способа. Для этого данные импортировались в настольную версию платформы Loginom Community Edition для некоммерческого использования [5], где проводилось обучение нейросети, по итогам которого разрабатывалась серия прогнозов по независимому материалу и с помощью выражения (1) рассчитывалась их общая оправдываемость.

$$U = \frac{n_{11} + n_{22}}{N}, \quad (1)$$

где n_{11} – число оправдавшихся прогнозов возникновения тумана; n_{22} – число оправдавшихся прогнозов отсутствия тумана; N – общее число прогнозов (объем выборки) [1].

Результаты в сокращенном виде представлены в таблице и в более наглядном виде на рис. 1.

Таблица

Значения общей оправдываемости прогнозов, разработанных с помощью нейросети, обученной по выборке ограниченного объема

Количество случаев в выборке	Оправдываемость прогнозов по обучающей выборке	Оправдываемость прогнозов по контрольной выборке
100	0,70	0,50
110	0,74	0,60
120	0,73	0,50
130	0,76	0,50
140	0,75	0,60
150	0,80	0,60
160	0,84	0,60
170	0,86	0,61
180	0,87	0,63
190	0,91	0,72
200	0,91	0,73
...
250	0,91	0,85
...
300	0,91	0,87
...
400	0,91	0,80
...
500	0,95	0,85
...
1000	0,97	0,96
...
1500	0,98	0,96

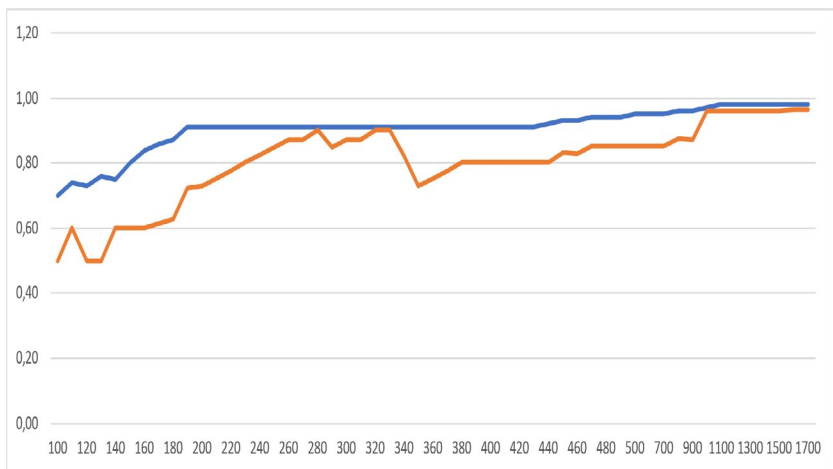


Рис. 1. Оправдываемость прогнозов на основе нейросетей, обученных по выборкам ограниченного объема (синим цветом показан ход оправдываемости, рассчитанной по обучающей выборке, оранжевым – по контрольной)

4. Анализ полученных результатов

Анализ полученных результатов позволяет сделать некоторые выводы.

При увеличении объема исходных данных от начальных значений успешность метеорологических прогнозов резко возрастает, что полностью соответствует теоретическим рассуждениям.

Нейросеть ожидаемо лучше работает по обучающему набору данных, нежели по контрольному.

Если оправдываемость рассчитывать по обучающему материалу, то на «плато» удастся выйти при 190 случаях. Если рассматривать более реальную ситуацию и опираться на независимый материал, то результаты стабилизируются при 260 случаях.

В качестве альтернативного подхода к анализу полученных результатов использовались положения кластерного анализа. Изменение расстояния между прогностическим и фактическим кластерами графически предоставлено на рис. 2. Вертикальной линией выделено количество данных, при котором резкое падение прекращается, а график стабилизируется. Оно рассчитывалось по обучающей выборке и оказалось примерно равным 200 случаям, что успешно согласуется с приведенными выше результатами.

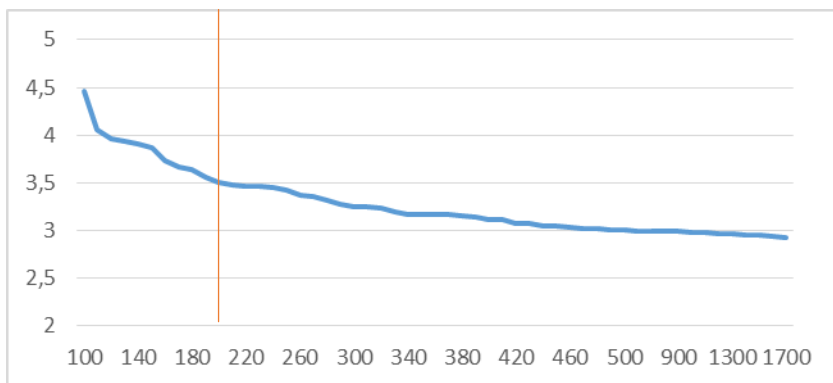


Рис. 2. Расстояние между кластерами при различных объемах архивного материала

Заключение

Таки образом, нейросетевые технологии позволяют получать достаточно качественные прогностические способы. В ходе выполнения работы было установлено, что для этого в распоряжении метеоролога должен быть ряд наблюдений в выбранном пункте (регионе) длиной не менее 260 случаев.

Список литературы

1. Руководящий документ. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. – Спб.: Гидрометеоиздат, 1991. – 150 с.
2. Положение об испытании и внедрении новых и усовершенствованных методов (способов) гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов и расчетов. – М.: Гидрометеоиздат, 1989. – 11 с.
3. Raza Habib. Why you should be using active learning to build ML [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://humanloop.com/blog/why-you-should-be-using-active-learning>
4. Нейронные сети: понятное объяснение и свойства, которые помогут вам стать экспертом в области // Научные Статьи.Ру – портал для студентов и аспирантов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nauchniestati.ru/spravka/strategii-obucheniya-dlya-modeli-nme>
5. Loginom – аналитическая low-code платформа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://loginom.ru/platform>

Метод моделирования интеллектуальных регуляторов для мехатронных систем с учетом запаздываний

М.Б. Хидирова, e-mail: m.hidirova@kiut.uz,
С. Б. Абдурахманова

Ташкентский Международный Университет Киме

***Аннотация.** Рассмотрена задача синтеза регуляторов для мехатронных систем при запаздываниях. Выявлено существование, при определенных диапазонах параметров, тривиального и нетривиальных положений равновесия; существование сложных колебательных режимов функционирования, важных для анализа характера возникновения и развития хаотических колебаний в энергетических системах, которые могут вызвать аварийные ситуации.*

***Ключевые слова:** Мехатронная система, регулятор, хаос, переходные процессы*

Введение

Мехатронные системы представляют собой нелинейные, многосвязные структуры, состоящие из большого числа динамически взаимодействующих элементов механической, электрической, информационной природы. Задача обеспечения устойчивого функционирования таких сложных систем приводит к проблеме разработки и синтеза эффективных регуляторов, гарантирующих бесперебойную работу при переходных и аварийных ситуациях.

Современные разработки интеллектуальных систем принятия решений, в основном, опираются на следующие подходы: когнитивистский (логический, инженерия знаний), бионический (нейронные сети, алгоритмы эволюционного моделирования, генетические алгоритмы) и гибридный (синергетический). Наблюдается высокая зависимость существующих интеллектуальных информационных систем от данных, в то время как сами системы имеют низкие возможности познания. Так, небольшие изменения входных данных, не приводящие к искажению человеческого понимания, вынуждают интеллектуальные системы совершать грубые ошибки. Вопросы измерения и сбора качественных данных не являются элементарными и все еще обсуждаются.

Запаздывания из-за накопления энергии в реактивных элементах, таких как индуктивности и ёмкости, могут влиять на характер

переходных процессов в мехатронных устройствах генерации возобновляемой энергии при различных воздействиях [1-2]. Для обеспечения постоянства напряжения в многосвязных мехатронных системах с запаздыванием используются ПИД-регуляторы.

Недостатками использования классических ПИД-регуляторов считают очень большую чувствительность к изменению параметров модулей мехатронных систем и определенные трудности при настройке коэффициентов усиления регуляторов при устранении перерегулирования и помех. Исследователи предлагают использовать алгоритм Antlion Optimization (ALO) для ПИД-регулятора, адаптивный нейро-нечеткий (ANFIS) самонастраивающийся ПИД-регулятор, а также гибридные ПИД-регуляторы.

Основная часть

Как показывает обзор работ в области исследования регуляторов мехатронных систем, все еще не созданы регуляторы, обладающие, в условиях быстро-изменяющейся энергетической и информационной среды, способностью обобщать и «думать». Наиболее «умными» на сегодняшний день признаны регуляторы, реализованные на основе методов нейронных сетей, нечеткой логики, а также адаптивных нейро-нечетких систем. К примеру, Fuzzy Logic Controller типа Мамдани обеспечивает более эффективную и надежную обратную связь по сравнению с ПИД-регулятором [3-4].

Формирование нечетких правил для разработки систем управления проводится с участием экспертов и методов глубокого машинного обучения. Проблема качественных исходных данных для выработки адекватных баз нечетких правил и эффективных методов повышения точности принимаемых решений все еще актуальна.

При проектировании нейро-сетевых регуляторов, как и при формировании баз правил для нейро-нечетких регуляторов очень важно правильно выбрать передаточную функцию (функцию активации или функцию принадлежности). Здесь также важна способность диагностики таких режимов как нерегулярные колебания, эффекты «черная дыра» и « τ -windows». Возникновение хаотических колебаний в энергетических системах могут вызвать аварийные ситуации [5]. Поэтому актуальны задачи разработки интеллектуальных регуляторов, способных осуществлять раннюю диагностику наступления аварийных ситуаций и адекватно реагировать для обеспечения бесперебойного и энергоэффективного функционирования системы. Б.Н. Хидиров разработал метод количественного исследования сложных колебательных систем регулирования, которые позволяют с единых позиций рассматривать широкий спектр явлений, объединенных

наличием системы регулирования, регуляторной среды, конкуренции, кооперации и комбинированной обратной связи [6]. Он ввел концепцию ORASTA, состоящую из генератора-регулятора (OR), способного принимать, обрабатывать и передавать сигналы определенной природы, и активной среды (ASTA). Одной из основных идей математического моделирования хаотичной рекуррентной нейронной сети с подкреплением является центральное регулирование информационных потоков на основе мультиколебательной ORASTA (рисунок).

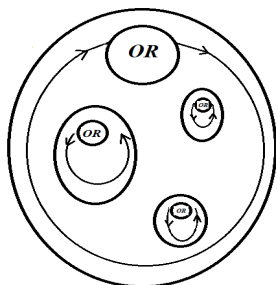


Рисунок. Схема мультиколебательной ORASTA

Процесс эффективного принятия решений при аварийных ситуациях оперирует сигналами, передающими в регулятор информацию об изменениях внешней и внутренней среды мехатронного модуля со сложными временными взаимоотношениями. В физике считается, что физическое время практически не поддается ускорению или замедлению. Впрочем, теоретически такая возможность у физического времени есть, согласно теории относительности, физическое время замедляется при очень высоких скоростях (близких к скорости света) и в поле очень большого тяготения (вблизи “черных дыр”). В биологии мы наблюдаем феномен неоднородного времени, например, если взять за биологическую секунду — одно биение сердца, то брадикардия — это явление замедленного биологического времени человека, а тахикардия — явление ускоренного времени. Поскольку функционально-дифференциальные уравнения позволяют учитывать временные взаимоотношения в системе регуляции, использование их для моделирования интеллектуальных регуляторов является наиболее оправданным и актуальным.

В зависимости от решаемых задач можно рассматривать следующие виды регуляторных уравнений:

- Функционально-дифференциальные уравнения регуляtorики с запаздыванием

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = a_i \left(\prod_{k=1}^n X_k(t-h) \right) e^{-\sum_{k=1}^n \delta_{ik} X_k(t-h)} - b_i X_i(t)$$

- Функционально-дифференциальные уравнения регуляtorики с запаздыванием и опережением

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = a_i \left(\prod_{k=1}^n X_k(t-h) X_k(t+h) \right) e^{-\sum_{k=1}^n \delta_{ik} X_k(t-h) X_k(t+h)} - b_i X_i(t)$$

- Функционально-дифференциальные уравнения регуляtorики со сжатием и растяжением

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = a_i \left(\prod_{k=1}^n X_k(th) \right) e^{-\sum_{k=1}^n \delta_{ik} X_k(th)} - b_i X_i(t).$$

Результаты анализа уравнений регуляtorики функционирования мехатронной системы показывают наличие следующих режимов функционирования:

- [1 0 0 0 0] – тривиальный аттрактор
- [0 1 0 0 0] – стационарный режим
- [0 0 1 0 0] – предельный цикл типа Пуанкаре
- [0 0 0 1 0] – динамический хаос
- [0 0 0 0 1 0] – эффект «черная дыра»
- [0 0 0 0 0 1] – “r-windows”

В ходе исследования характерных свойств уравнений регуляtorики применялись методы вычисления показателей Ляпунова, энтропии Колмогорова, хаусдорфовой, информационной и корреляционной размерностей. Было выявлено существование в области динамического хаоса “r-windows” с колебательным режимом решений уравнений регуляtorики (предельных циклов типа Пуанкаре), что свидетельствует о возможности локального управления поведением в зоне аномалий для подготовки глобального процесса увода системы в область стабильного функционирования.

Эффективный синтез регуляторов может осуществляться путем комбинированного конструирования отдельных элементов и последовательного учета функционирования цепи обратной связи со средой регулирования или подкрепления. Дискретный аналог функционально-дифференциальных уравнений может быть использован для построения хаотических рекуррентных нейронных сетей.

Заключение

Результаты исследования выявили основные режимы поведения системы: тривиальный аттрактор, стационарный режим, уравнения типа Пуанкаре при изучении предельных циклов, динамический хаос, “*g-windows*” и деструктивные изменения - эффект «черной дыры». Эффект «черной дыры» можно использовать для анализа коллапса функционирования нейронной сети и нарушения точности при решении различных задач. Результаты исследования можно использовать для получения закономерностей обновления весов нейронных сетей и для формирования базы нечетких правил.

Таким образом, для моделирования и синтеза электронных регуляторов напряжения для мехатронных систем с целью анализа закономерностей функционирования рассматриваемой электроэнергетической системы при переходных и аварийных ситуациях, актуальным является использование хаотических рекуррентных нейронных сетей с подкреплением.

Список литературы

1. Diaz-Saldierna, L.H High Step-Up Converter Based on Non-Series Energy Transfer Structure for Renewable Power Applications /L.H. Diaz-Saldierna, J. Leyva-Ramos // *Micromachines* 2021, 12, P. 689.
2. Hidirova Modeling and synthesis of voltage regulators for renewable energy generators with delay accounting / M. Hidirova, S. Abdurahmanova // *ISJ Theoretical & Applied Science*, 03 (119), 2023. – С. 245-250.
3. Ali M. Maximum power point tracking for grid-connected photovoltaic system using Adaptive Fuzzy Logic Controller / M. Ali // *Computers and Electrical Engineering*. – 2023. – Т. 110. – С. 108879.
4. Azis A. H. Packed U-Cell Inverter with Mamdani Type Fuzzy Logic Controller to Regulate Output Voltage for Off-Grid Applications / A. H. Azis, R. P. Eviningsih, M. R. D. Abdilla, N. S. Ramadhan and N. A. Windarko. // *2023 International Electronics Symposium (IES)*, Denpasar, Indonesia, 2023, P. 64-69
5. Козлов В. Н Анализ хаотических режимов электроэнергетических систем / В. Н. Козлов, И. У. Тросько // *Материаловедение. Энергетика*. – 2011. – №. 2 (123). – С. 35-43
6. Хидиров Б.Н. Избранные работы по математическому моделированию регуляtorики живых систем. – Москва-Ижевск, 2014. – С. 304.

Способ координатометрии планирующего воздушного объекта в рамках автономной навигационной системы и основные пути его реализации

Р. Г. Хильченко, e-mail: hrg-1984@yandex.ru

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

***Аннотация.** Предложен способ координатометрии планирующего воздушного объекта в условиях ограниченного доступа к спутниковой радионавигационной системе. Способ основан на формировании автономной навигационной системы на основе применения забрасываемых передатчиков навигационного сигнала. Обоснованы основные пути реализации способа, состоящие в возможности решения навигационным приемником бортовой аппаратуры воздушного объекта основных задач оценки собственных координат разностно-дальномерным методом.*

***Ключевые слова:** способ координатометрии, воздушный объект, автономная навигационная система, забрасываемые передатчики навигационного сигнала, бортовой навигационный приемник.*

Введение

Решение задач координатометрии воздушных объектов (ВО) осуществляется преимущественно с использованием спутниковой радионавигационной системы (СРНС). В качестве таковых объектов могут рассматриваться пилотируемые и беспилотные летательные аппараты с навигационной подсистемой коррекции траектории полета.

Однако из-за сложной электромагнитной обстановки, преднамеренно созданной в пределах некоторой зоны воздушного пространства, величина ошибок измерения координат находящихся в ней объектов может достигать критических значений, исключающих выполнение ими задач по предназначению.

Обозначенная проблема может быть решена путем организации локальной помехоустойчивой автономной навигационной системы (АНС) коррекции траектории полета ВО.

Целью настоящей статьи является обоснование способа координатометрии планирующего воздушного объекта в рамках автономной навигационной системы, а также основных путей его реализации.

1. Суть способа

На рис. 1 представлен возможный вариант организации АНС, обеспечивающей координатометрию планирующего воздушного объекта в зоне ограниченного доступа к СРНС.

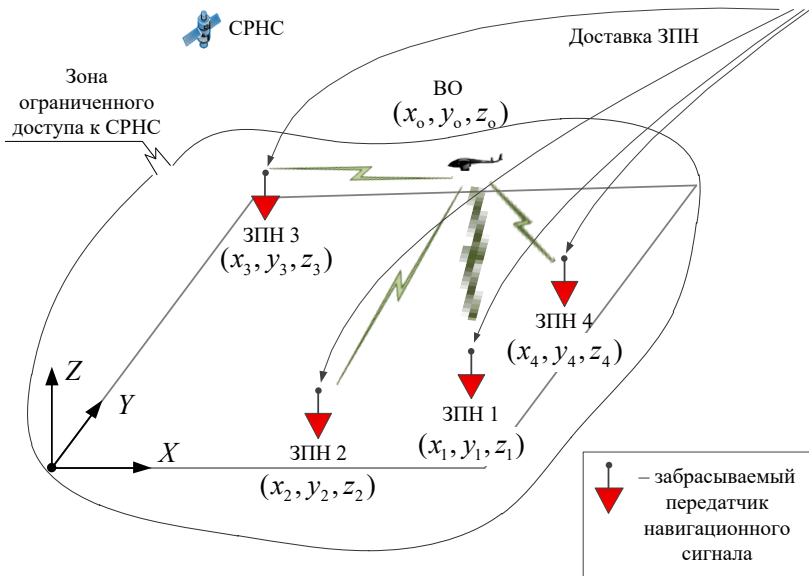


Рис. 1. Вариант организации АНС, обеспечивающей координатометрию планирующего воздушного объекта в зоне ограниченного доступа к СРНС

Суть предлагаемого способа заключается в следующем.

Для организации АНС используют забрасываемые передатчики навигационного сигнала (ЗПН), представляющие собой автономный источник кодированного (шумоподобного) навигационного сигнала, в состав которого включены средства радионавигационного определения координат и приемопередачи радиосигналов для дистанционной подстройки излучаемого сигнала [1]. Доставка ЗПН осуществляется заблаговременно, а сам процесс формирования информационно-устойчивой зоны применения ВО включает в себя: проверку функционирования по мощности и структуре сигналов; оценку качества формирования навигационных сигналов; определение собственных координат ЗПН (в интервалы времени качественного приема сигналов СРНС, либо в результате накопления навигационной информации от

СРНС); анализ взаимного расположения ЗПН; синхронизацию работы ЗПН, для случая отсутствия системы единого времени.

Посредством бортовой аппаратуры ВО осуществляется его привязка к созданной АНС с последующим выполнением задач по предназначению с минимальными ошибками оценки собственных координат.

В процессе формирования АНС важным требованием, определяющим точность координатометрии ВО в процессе полета, является синхронизация функционирования применяемых ЗПН. При этом возможны два способа настройки: автономная настройка синхронного излучения сигналов ЗПН, осуществляемая непосредственно в районе формирования АНС, и заблаговременная настройка синхронного излучения сигналов ЗПН в системе единого времени (СЕВ).

На первый способ накладывают ограничения вычислительные возможности применяемой аппаратуры, а на второй – массогабаритные характеристики дополнительных устройств (счетчиков времени). Не менее важным при выборе способа является экономическая целесообразность в связи с возможной одноразовостью применения ЗПН.

На рис. 2 представлены временные диаграммы, поясняющие вариант реализации автономной настройки синхронного излучения импульсных сигналов навигационной системы, состоящей из четырех ЗПН.

Реализация автономной настройки подразумевает относительную удаленность применяемых ЗПН друг от друга в пределах дальности прямой видимости, а также фиксированные значения длительности τ_n и периода повторения T_n импульсов всех ЗПН АНС в рабочем режиме излучения (рис. 2,а). Один из передатчиков (ЗПН 1) является опорным (излучает опорный импульс (ОИ)), а все другие обладают функцией активного ответа с фиксированной линией задержки.

Настройка синхронизации функционирования ЗПН начинается с опорного импульса (ОИ), формируемого ЗПН 1 (рис. 2,б).

Обладая функцией активного ответа, ЗПН 2-4 (ответные ЗПН) излучают ответные импульсы, позволяющие измерить время задержки $\tau_n^{\text{зад}}$ их прихода относительно момента излучения опорного импульса (рис. 2,в).

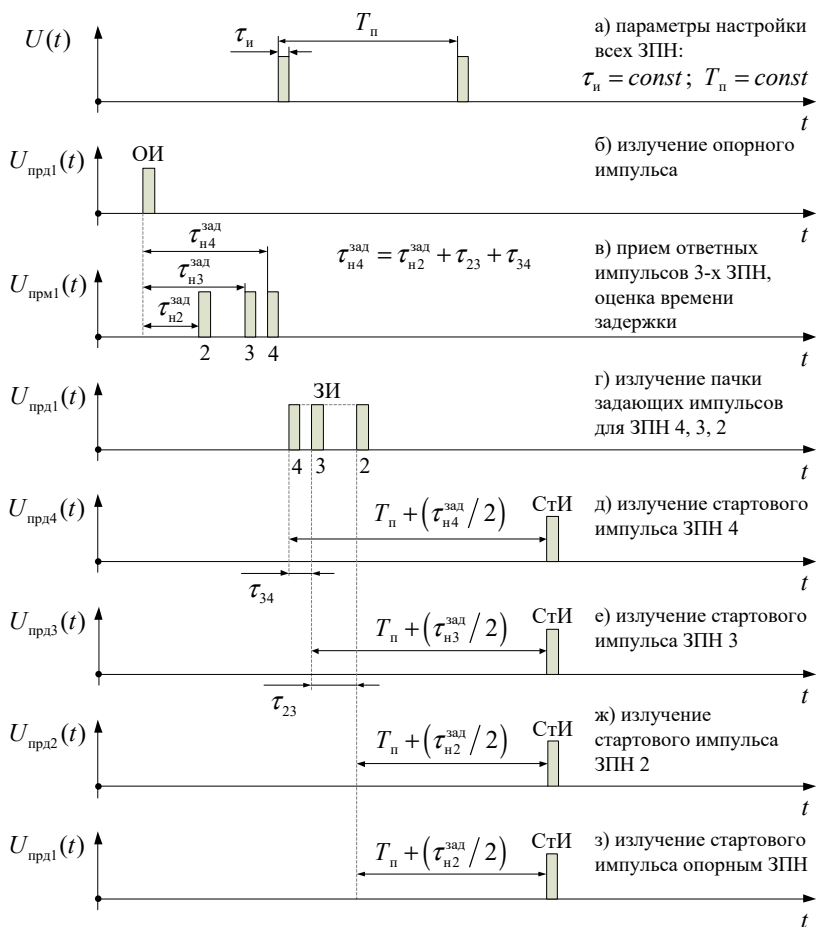


Рис. 2. Временные диаграммы автономной настройки синхронного излучения импульсных сигналов навигационной системы, состоящей из четырех ЗПН (вариант)

Далее опорным ЗПН формируется пачка задающих импульсов (ЗИ), интервалы между которыми соответствуют интервалам принятых (ответных) импульсов в обратной последовательности (рис. 2,г). Первый в пачке импульсов является задающим для излучения стартового импульса (СтИ) ЗПН 4 (рис. 2,д), как наиболее удаленного от опорного передатчика.

Каждый стартовый импульс ЗПН 4-2 (рис. 2,д-ж) формируются в ответ на свой ЗИ с учетом временных интервалов, необходимых ЗИ для преодоления соответствующих расстояний $\tau_{н4}^{зад} / 2$, $\tau_{н3}^{зад} / 2$, $\tau_{н2}^{зад} / 2$.

Стартовый импульс опорного ЗПН (рис. 2,е) формируется с задержкой $T_{п} + \tau_{ни}^{зад} / 2$ относительно i -го ЗИ.

Такая настройка должна быть периодической с целью исключения запредельных ошибок наведения ракеты.

Применение СЕВ предполагает оснащение всех средств, реализующих предложенный способ, устройствами формирования временных параметров: шкала времени с заданной точностью (ценой деления) Δt ; период времени наблюдения (измерения) T ; момент начала наблюдения (измерения) $t_0^{[k]}$, $k = 1, 2, 3, \dots$

Момент начала наблюдения $t_0^{[k]}$ может быть представлен мгновенным импульсом, положение на шкале времени которого соответствует моменту синхронного излучения сигналов ЗПН. Указанное соответствие настраивается на этапе подготовки ВО посредством аппаратуры СЕВ с заданной нестабильностью γ .

Так для заданной точности $\Delta t = 10^{-6} c$ при счетчике времени с нестабильностью $\gamma = 10^{-11}$ подстройку следует производить каждые 30 часов ($\Delta t / \gamma = 10^5 c = 27,78 ч$).

Относительно $t_0^{[k]}$ на борту атакующей ракеты измеряется время задержки навигационных сигналов от разноудаленных передатчиков. Процесс измерения повторяется с периодом $T = t_0^{[k]} - t_0^{[k-1]}$, величина которого фиксирована на всем протяжении полета ВО.

Одной из основных характеристик СЕВ является относительная нестабильность (погрешность) синхронизации шкал времени потребителей.

Современные разработки в области частотно-временных измерений вполне допускают применение миниатюризированных счетчиков времени в аппаратуре, реализующей предложенный способ. В начале 2011 года американская компания Symmetricom объявила о коммерческом выпуске цезиевых атомных часов Chip Scale Atomic Clock (CSAC) SA.45s, габариты которых – 40,6×35,3×11,4 мм (рис. 3). Заявленная производителем нестабильность составляет $5 \cdot 10^{-11} / ч$ при общей массе 35 г и потребляемой мощности 115 мВт [2].



Рис. 3. Цезиевые атомные часы CSAC SA.45s американской компании Symmetricom

Определение текущих координат ВО в АНС осуществляется на этапе его вхождения в зону устойчивого приема навигационных сигналов ЗПН. Воспользуемся разностно-дальномерным методом определения координат объектов в пространстве, суть которого (рис. 4) заключается в оценке значений текущей дальности «ЗПН_{*i*} – ВО», когда измерению подлежат интервалы временных задержек между моментами приема первого и последующих импульсных сигналов от каждого излучающего передатчика [3].

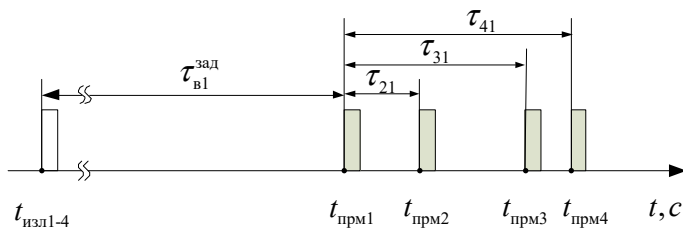


Рис. 4. В пояснение параметров, подлежащих измерению при разностно-дальномерном методе определения текущих координат ВО

Для оценки местоположения ВО в пространстве требуется минимум четыре ($N = 4$) синхронных излучателя (ЗПН), образующих три независимые пространственные базы.

Мгновенные значения расстояний между ВО, имеющим координаты (x_0, y_0, z_0) , и i -м ЗПН с координатами (x_i, y_i, z_i) будет определяться выражением:

$$l_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2 + (z_0 - z_i)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Принимая один из N ЗПН, например ЗПН 1, за опорный, относительно которого рассчитываются линии постоянной разности:

$$\Delta l_{i1} = l_i - l_1 = c(t_{\text{прм}i} - t_{\text{прм}1}) = c\tau_{i1}, \quad i = 2, 3, \dots, N, \quad (2)$$

координаты ВО могут быть определены путем решения системы из $(N-1)$ нелинейных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta l_{21} = \sqrt{(x_0 - x_2)^2 + (y_0 - y_2)^2 + (z_0 - z_2)^2} - \\ \quad - \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2} \\ \Delta l_{31} = \sqrt{(x_0 - x_3)^2 + (y_0 - y_3)^2 + (z_0 - z_3)^2} - \\ \quad - \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2} \\ \vdots \\ \Delta l_{N1} = \sqrt{(x_0 - x_N)^2 + (y_0 - y_N)^2 + (z_0 - z_N)^2} - \\ \quad - \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 + (z_0 - z_1)^2} \end{array} \right., \quad (3)$$

где c – скорость света; $\hat{\tau}_{i1} = \hat{t}_{\text{прм}i} - \hat{t}_{\text{прм}1}$ – оценочное значение интервала времени между моментами приема навигационного сигнала i -го ЗПН и ЗПН, выбранного за опорный (ЗПН 1).

Для минимально необходимого количества ЗПН $N = 4$ выражение (3) представляет собой систему трех нелинейных уравнений $(N-1)$ с тремя неизвестными (x_0, y_0, z_0) .

Существует несколько методов решения таких систем, в основе которых лежит итерационный подход [4]. Однако все они строятся на применении исходного (начального) приближения мгновенных координат ВО и введения требуемой точности производимых оценок.

При этом повышенная точность приводит к увеличению числа итераций, что негативно скажется на оперативности определения координат ВО, а начальное приближение его координат может быть задано измеренными значениями при оснащение ВО датчиками атмосферного и воздушного давления, позволяющими измерять высоту и скорость полета ВО относительно известных координатах точки старта.

Другой подход к оценке текущих координат ВО, не требующий итерационных вычислений, основан на применении метода определителей и правила Крамера.

Путем введения величины, определяющей разность квадратов двух дальностей:

$${}^2\Delta_{j1} = l_j^2 - l_1^2; \quad j \neq 1; \quad j \in N, \quad (4)$$

с учетом (3) получим выражение:

$${}^2\Delta_{j1} = 2x_o(x_1 - x_j) + 2y_o(y_1 - y_j) + 2z_o(z_1 - z_j) + \rho_{j1}^2, \quad (5)$$

где $\rho_{j1}^2 = (x_j^2 - x_1^2) + (y_j^2 - y_1^2) + (z_j^2 - z_1^2)$.

Тогда координаты ВО могут быть определены решением системы из трех $(N - 1)$ линейных уравнений:

$$\begin{cases} x_o(x_1 - x_2) + y_o(y_1 - y_2) + z_o(z_1 - z_2) = b_{21} \\ x_o(x_1 - x_3) + y_o(y_1 - y_3) + z_o(z_1 - z_3) = b_{31} \\ x_o(x_1 - x_4) + y_o(y_1 - y_4) + z_o(z_1 - z_4) = b_{41} \end{cases}, \quad (6)$$

где $b_{j1} = ({}^2\Delta_{j1} - \rho_{j1}^2)/2$.

Для системы (6) составим матрицу из коэффициентов при искомах неизвестных и вычислим ее определитель:

$$D_0 = D \begin{bmatrix} (x_1 - x_2) & (y_1 - y_2) & (z_1 - z_2) \\ (x_1 - x_3) & (y_1 - y_3) & (z_1 - z_3) \\ (x_1 - x_4) & (y_1 - y_4) & (z_1 - z_4) \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где $D[\mathbf{x}]$ – детерминант (определитель) матрицы \mathbf{x} .

Заменив в матрице (7) последовательно первый, второй и третий столбец на столбец свободных членов b_{j1} , получим определители матриц искомах координат:

$$\begin{aligned} D_x &= D \begin{bmatrix} b_{21} & (y_1 - y_2) & (z_1 - z_2) \\ b_{31} & (y_1 - y_3) & (z_1 - z_3) \\ b_{41} & (y_1 - y_4) & (z_1 - z_4) \end{bmatrix}; \\ D_y &= D \begin{bmatrix} (x_1 - x_2) & b_{21} & (z_1 - z_2) \\ (x_1 - x_3) & b_{31} & (z_1 - z_3) \\ (x_1 - x_4) & b_{41} & (z_1 - z_4) \end{bmatrix}; \\ D_z &= D \begin{bmatrix} (x_1 - x_2) & (y_1 - y_2) & b_{21} \\ (x_1 - x_3) & (y_1 - y_3) & b_{31} \\ (x_1 - x_4) & (y_1 - y_4) & b_{41} \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (8)$$

Значения текущих координат воздушного объекта, в соответствии с правилом Крамера, будут определяться отношением определителей:

$$x_o = \frac{D_x}{D_0}; \quad y_o = \frac{D_y}{D_0}; \quad z_o = \frac{D_z}{D_0}. \quad (9)$$

2. Основные пути реализации способа

Основные пути реализации предложенного способа координатометрии в первую очередь связаны с обработкой навигационных сигналов забрасываемых передатчиков бортовой аппаратурой ВО. В соответствии с разностно-дальномерным методом, предложенным к реализации и описанным выше, бортовой приемник навигационных сигналов, оперируя выборкой входящих воздействий на интервале наблюдения, должен решать следующие задачи.

Задача 1. Установить (оценить) последовательность их прихода, то есть присвоить сигналам порядковые номера « i » в их линейке на временной оси.

Задача 2. Установить (оценить) принадлежность каждого сигнала линейки соответствующему ЗПН с фиксированными номерами « j »;

Задача 3. Установить (оценить) временное положение каждого сигнала линейки относительно начала интервала наблюдения « τ_{oi} ».

На рис. 5 показана структура N -канального устройства оценки и формирования потока информации о положении навигационных сигналов в интервале времени $(0, T)$, как возможный вариант решения бортовым приемником ВО указанных задач.

Работа предлагаемого устройства предполагает ряд допущений, состоящих в следующем. Вход устройства поделен на $i = \overline{1, N}$ каналов таким образом, что каждый из них обслуживает только один из возможного перечня навигационных сигналов АНС. Сигналы являются различимыми по времени и «не затегают» друг друга на временной оси. Для установления соответствия принятых сигналов номерам ЗПН $j = \overline{1, N}$ в состав устройства включена база данных, содержащая копии используемых в АНС навигационных сигналов. Фиксированная линия задержки (ЛЗ) равна интервалу времени $\tau_{\text{обр}}$ решения первой задачи. Время прохождения сигналов между блоками устройства пренебрежимо мало.

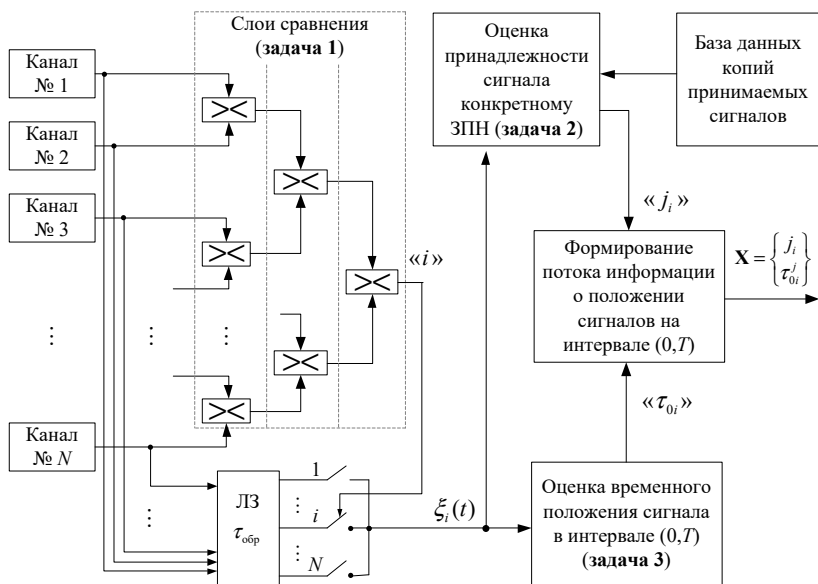


Рис. 5. Структура N-канального устройства оценки и формирования потока информации о положении навигационных сигналов в интервале времени наблюдения (вариант)

Последовательность прихода сигналов будет определяться расстояниями между ВО и каждым передатчиком АНС, поэтому задача установления этой последовательности (задача 1) может быть решена попарным сравнением сигналов N-канального приемника по сходящейся древовидной схеме в несколько слоев. На выходе схемы сравнения имеем номер канала $\langle i \rangle$ с навигационным сигналом наибольшей интенсивности. Именно в отношении этого сигнала далее решаются задачи 2 и 3.

Принадлежность очередного сигнала забрасываемым передатчикам АНС (задача 2) может быть установлена в результате решения задачи оптимального различения N навигационных сигналов по известным маркерам.

Так называемые «сигнальные маркеры» представляют собой известный на приемной стороне энергетический и/или неэнергетический параметр радиосигнала. Знание этих параметров является основой для формирования базы данных копий сигналов всех

источников (ЗПН), применяемых в АНС, а сам процесс различения может быть построен по парно-последовательному принципу [5].

Структурная схема оптимального различителя двух известных сигналов в условиях стационарного шума для случая предварительной фильтрации доплеровской составляющей входящего воздействия показана на рис. 6.

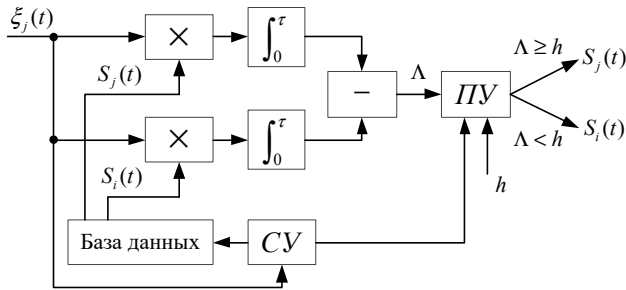


Рис. 6. Структурная схема оптимального различителя двух известных сигналов

Оптимальный алгоритм различения построен на основе формирования отношения правдоподобия Λ двух гипотез: 1 – в принятой реализации $\xi_j(t)$ присутствует сигнал j -го ЗПН $S_j(t)$; 2 – присутствует сигнал k -го ЗПН $S_k(t)$, отличный от $S_j(t)$, и сравнении его с порогом [3].

В приведенной на рис.6 схеме: СУ – синхронизирующее устройство; ПУ – пороговое устройство, выполняющее функцию принятия решения посредством сравнения величины Λ с порогом h .

В основу предложенного алгоритма положен корреляционный подход построения радиоприемных устройств, а решению задачи различения будет являться совокупность решений $\gamma_i(S_j)$, состоящих в том, что i -ым в последовательности из N сигналов на рассматриваемом временном интервале $(0, T)$ будет наблюдаться аддитивная смесь j -го сигнала (сигнала, сформированного j -ым наземным средством) и шума.

Задача оценки временного положения сигнала относительно фиксированного момента в интервале наблюдения (задача 3) может быть решена путем дискретизации оси времени (рис.7) и оптимальной

оценки номера дискрета в соответствии с критерием максимума апостериорной вероятности [5]:

$$\hat{\theta}_m = \frac{\Delta t \sum_{k=1}^K k \cdot \xi(\Delta t_k) + m_\theta (W/2\sigma)^2}{\sum_{k=1}^K \xi(\Delta t_k) + (W/2\sigma)^2} . \quad (10)$$

где $\xi(\Delta t_k)$ – значение величины $\xi(t)$ на k -ом подынтервале времени наблюдения размером Δt ; m_θ и σ^2 – математическое ожидание и дисперсия гауссова априорного распределения задержки θ .

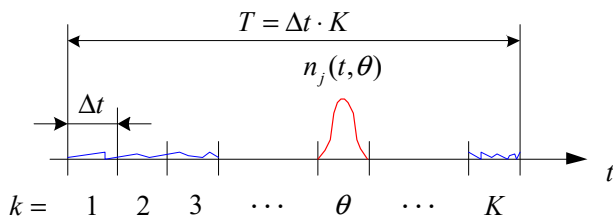


Рис. 7. Положение гауссова импульса на дискретной оси времени, в пояснение решения задачи 3

Варианты решения трех обозначенных выше задач могут выступать в качестве аргументов обоснования возможности разработки навигационных приемников бортовой аппаратуры ВО, определяя основные пути реализации предложенного способа координатометрии.

Заключение

Таким образом, предложен способ координатометрии планирующего воздушного объекта в условиях ограниченного доступа к спутниковой радионавигационной системе. Способ основан на дистанционном формировании автономной навигационной системы посредством применения забрасываемых передатчиков навигационного сигнала, а также оснащении воздушного объекта бортовой подсистемой коррекции траектории полета.

В соответствии с разностно-дальномерным методом местоопределения обоснованы частные задачи бортового приемника навигационных сигналов воздушного объекта, решение которых определяет основные пути реализации предложенного способа координатометрии. Предложена структура устройства оценки и формирования потока информации о положении навигационных

сигналов в интервале времени наблюдения, как возможный вариант решения бортовым приемником воздушного объекта основных задач.

Приведенные варианты решения указанных задач явились обоснованием возможности разработки навигационных приемников бортовой аппаратуры воздушного объекта, определяя основные пути реализации предложенного способа координатометрии.

Список литературы

1. Способ радиопротиводействия зенитно-ракетным комплексам [Текст]: пат. 2755567 Российская Федерация: / Козирацкий Ю.Л., Кулешова П.Е., Бутузова В.В., Хильченко Р.Г.; заявитель и патентообладатель Воронеж. ВУНЦ ВВС «ВВА». – № 2020143020; заявл. 24.12.20; опубл. 17.09.2021. – 7 с.

2. Филимонов, С.В. Обеспечение единства времени в отрасли связи России / С. Филимонов // Первая миля. – 2011. – № 3. – С. 8-15.

3. Казаринов, Ю.М. Радиотехнические системы: учебник для вузов / Ю.М. Казаринов – М.: Сов. радио, 1968. – 496 с.

4. Дж. Ортега, В. Рейнболдт. Интегральные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. Перевод с английского Вершкова Э.В., Жидкова Н.П., Коновальцева И.В. / И.В. Коновальцев – М.: Мир, 1975. – 560 с.

5. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов / Ю.Л. Козирацкий [и др.]; отв. ред. Ю.Л. Козирацкий – М.: Радиотехника, 2015. – 456 с.

Математическое моделирование фильтрационно-конвективных и диффузионных процессов подземного выщелачивания

Н. Равшанов, email: ravshanzade-09@mail.ru
И. И. Холматова, email: iroda_alimova_1992@mail.ru

НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта,
Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы математического моделирования фильтрационно-конвективных диффузионных процессов подземного выщелачивания. Приведены уравнения с соответствующими условиями описывающие процессы: гидродинамики подземного выщелачивания, распространение поле реагента, которая определяется решением уравнения конвективной диффузии с соответствующими условиями, а также распределение функции концентрации полезного компонента.

Ключевые слова: подземное выщелачивание, математическое моделирование, полезные ископаемые, фильтрация, диффузия, кинетика, полезная компонента.

Введение

Быстро растущие потребности во внедрении подземного выщелачивания (ПВ) как прогрессивного метода, с особой остротой перед исследователями ставит задачу математического моделирования подземных процессов, происходящих при ПВ. В свою очередь создания детальной картины исследуемых процессов мы приходим к необходимости строить все более сложные математические модели, которые требует универсального тонкого аппарата при численном решении рассматриваемой задачи.

Подземное выщелачивание широко применяется при добыче полезных ископаемых. В первую очередь это относится к месторождениям гидрогенного генезиса, представленным бедными или убогими рудами, а также месторождениям, залегающим в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях.

Метод подземного выщелачивания применяется с 1962 г. Подземное выщелачивание - геотехнологический способ добычи нефти и газа путем избирательного его растворения химическими реагентами из руд на месте их залегания и последующего извлечения из растворов.

На некоторых месторождениях построены предприятия и ведется добыча нефти и газа способом подземного выщелачивания. На ряде месторождений проведены опытно-промышленные работы по добыче урана этим способом. На отдельных предприятиях ПВ стало основным методом добычи урана.

Работа [1] посвящена гомогенизации связанной системы уравнений диффузии-конвекции в области с периодической микроструктурой, моделированию течения и транспорта несмешивающихся сжимаемых, например воды-газа, жидкостей через пористые среды. Задача формулируется в виде нелинейного параболического уравнения для давления не смачивающей фазы и нелинейного вырождающегося параболического уравнения диффузии-конвекции для смачивающей фазы насыщения с быстро осциллирующей функцией пористости и тензором абсолютной проницаемости. Получены нелинейные усредненные задачи с эффективными коэффициентами, которые вычисляются с помощью клеточной задачи. Строго обоснованы этот процесс гомогенизации задачи, используя двух масштабную сходимость. Чтобы перейти к пределу в нелинейных терминах, также получены результаты о компактности, которые нетривиальны из-за вырожденности системы.

Растворение пористой среды при определенных условиях создает каналы с высокой проводимостью, называемые червоточинами. Механизм распространения представляет собой нестабильное явление, зависящее от микроскопических свойств на уровне пор и контролируемое скоростью закачки. Целью работы [2] заключалась в проверке способности модели в масштабе закона Дарси описывающие различные режимы растворения и характеризующие влияние параметров потока на развитие червоточки. Численный подход подтвержден модельными экспериментами, отражающими процессы растворения, происходящие при закачке кислоты в известняк. Макроскопические уравнения течения и переноса записаны в предположении локальной массовой неравновесности. Связанная система уравнений решалась численно в двух измерениях методом конечных объемов. Результаты обсуждаются с точки зрения скорости распространения червоточки и объема закачанных пор.

Выщелачивание, как диффузионный процесс, осуществляется переходом компонентов системы из твердой фазы в жидкую. Фактором, характеризующим интенсивность таких процессов, служит разность между значениями концентрации растворителя и выщелачиваемого компонента в слое, примыкающем к поверхности твердой частицы, и в общем объеме жидкой фазы [3-6].

ПВ металлов из пластовых осадочных месторождений заключается в том, что в рудное тело, залегающее на той или иной глубине, через скважины, пробуренные с поверхности пласта, вводят химический раствор, которые способны переводить полезные компоненты в растворимую форму. Растворитель выщелачивания рудного тела проходит часть пласта, примерно 30 – 60 м. из других скважин, расположенных в этих пределах, откачивается на поверхность металлодержащий раствор. На поверхности земли обогащенные растворы технологически обрабатываются и направляются для использования в новом цикле выщелачивание.

Математическая модель

ПВ состоять из системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих в пределах выщелачиваемого объема кинетику гетерогенных химических взаимодействий, а также массоперенос растворителя и продуктов реакции в фильтрационном потоке.

Требуется определить функцию концентрации полезного компонента $C_2(x, y, t)$ в ограниченной неоднородной области $G = (0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y)$.

При этом распространение поля напора $H(x, y, t)$ определяется из уравнений упругого режима фильтрации

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{k(x, y)h(x, y)\gamma}{\mu} \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{k(x, y)h(x, y)\gamma}{\mu} \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial y} \right] = \\ = \beta\gamma m(x, y)h(x, y) \frac{\partial (H(x, y, t)(1 - C_2(x, y, t)/\lambda))}{\partial t} + F(x, y, t), \end{aligned} \quad (1)$$

$(x, y) \in G, t > 0,$

удовлетворяющий начальной

$$H(x, y, t) = H^0(x, y), \quad t = 0, \quad (2)$$

и граничных условий

$$\alpha \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial n} + (1 - \alpha)H(x, y, t) = \phi(x, y, t), \quad (x, y) \in G_k. \quad (3)$$

Скорость фильтрации определяются законом Дарси

$$\begin{aligned}
 V_x(x, y, t) &= -\frac{k(x, y)\gamma}{\mu} \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial x} = -k^0(x, y) \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial x}, \\
 V_y(x, y, t) &= -\frac{k(x, y)\gamma}{\mu} \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial y} = -k^0(x, y) \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial y}.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Распространение поле реагента определяется решением уравнения конвективной диффузии с соответствующими условиями

$$\begin{aligned}
 &\frac{\partial}{\partial x} \left[D_{xx}(x, y) \frac{\partial C_1(x, y, t)}{\partial x} + D_{xy}(x, y) \frac{\partial C_1(x, y, t)}{\partial y} \right] + \\
 &+ \frac{\partial}{\partial y} \left[D_{yy}(x, y) \frac{\partial C_1(x, y, t)}{\partial y} + D_{yx}(x, y) \frac{\partial C_1(x, y, t)}{\partial x} \right] - \\
 &- \frac{\partial(V_x(x, y, t)C_1(x, y, t))}{\partial x} - \frac{\partial(V_y(x, y, t)C_1(x, y, t))}{\partial y} = \\
 &= m_c \frac{\partial C_1(x, y, t)}{\partial t}, \quad (x, y) \in G, t > 0
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

с начальной

$$C_1(x, y, t) = 0, \quad t = 0 \tag{6}$$

и граничным

$$C_1(x, y, t) = 0, \quad (x, y) \in G_k, \tag{7}$$

а также, внутренними условиями на скважинах

$$\begin{aligned}
 C_1(x, y, t) &= C_{3i}, \quad (x, y) \in (x_i, y_i), \\
 \frac{\partial C_1(x, y, t)}{\partial x} &= \frac{\partial C_1(x, y, t)}{\partial y} = 0, \quad (x, y) \in (x_i, y_i).
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Искомое распределение функции концентрации полезного компонента определяется решением следующего уравнения с соответствующими условиями

$$\begin{aligned}
 &\frac{\partial}{\partial x} \left[\tilde{D}_{xx}(x, y) \frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial x} + \tilde{D}_{xy}(x, y) \frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial y} \right] + \\
 &+ \frac{\partial}{\partial y} \left[\tilde{D}_{yy}(x, y) \frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial y} + \tilde{D}_{yx}(x, y) \frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial x} \right] - \\
 &- \frac{\partial(V_x(x, y, t)C_2(x, y, t))}{\partial x} - \frac{\partial(V_y(x, y, t)C_2(x, y, t))}{\partial y} =
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

$$= m_c \frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial t} + \frac{\partial N(x, y, t)}{\partial t},$$

$$(x, y) \in G, t > 0$$

с начальным

$$C_2(x, y, t) = C_2^0, t = 0 \quad (10)$$

и граничным

$$\alpha \frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial n} + (1 - \alpha)C_2(x, y, t) = \psi(x, y, t), \quad (11)$$

$$(x, y) \in G_k,$$

а также, внутренними условиями на скважинах

$$C_2(x, y, t) = C_{4i}, (x, y) \in (x_i, y_i),$$

$$\frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial x} = \frac{\partial C_2(x, y, t)}{\partial y} = 0, (x, y) \in (x_i, y_i). \quad (12)$$

Уравнение кинетики масса обмена, определяющее скорость перехода вещества из одной фазы в другую, имеет следующий вид:

$$\frac{\partial N(x, y, t)}{\partial t} = \tilde{\gamma}(C_1)f(C_2, N, t), \quad (13)$$

$$N(x, y, t) = N^0(x, y), t = 0, (x, y) \in G.$$

Таким образом, для определения значений концентрации полезного компонента в процессе эксплуатации месторождения методом ПВ необходимо совместно решить систему уравнений (1) - (13).

Однако, можно разделить (1) - (13) на несколько этапов, которые выгодны для проведения вычислительных экспериментов, а также представляющая возможность для автономного решения отдельных подзадач процесса имеющие большое значение проектных исследованиях и анализе при уточнении разработки месторождений полезных ископаемых.

Уравнение (1) с соответствующими условиями (2) - (3) описывает течение раствора в пористой среде.

Далее из (4) определяются скорости потока в рудной части. По известным значениям скорости потока определяется из (5)-(8) распределение реагента. В начальный период разработки активная реакция подаваемого реагента через закачные скважины протекает около скважин, с течением времени она расширяется и через

определенный момент времени доходит до границы рудой залежи. В конкретных случаях реакция происходит только в тех участках, где

$$C_1(x, y, t) > \varepsilon \text{ и } \tilde{\gamma}(C_1) = \begin{cases} \gamma_1, & C_1(x, y, t) > \varepsilon, \\ 0, & C_1(x, y, t) < \varepsilon, \end{cases} .$$

Конкретный вид функции $f(C_2, N, t)$, зависящий от многих факторов, для каждого объекта определяются отдельно.

И наконец, с помощью известными значениями $V_x(x, y, t), V_y(x, y, t), f(C_2, N, t), \tilde{\gamma}(C_1)$ из уравнения (9) с соответствующими условиями (10)-(12) определяется поле концентрации $C_2(x, y, t)$, полезной компоненты в жидкой фазе. Обозначения и размерности используемых параметров ПВ приводится в таблице 1.

Кроме того задаются: на границе области значения ϕ - напора и ψ - концентрации полезного компонента. C_{3i} - значения реагента и C_{4i} - концентрации на скважинных точках соответственно. H^0, C_2^0, N_0 - начальные значения напора, концентраций в жидкой и твердой фазах соответственно. (x_i, y_i) - координаты скважин, N_z, N_o - число закачных и откачных скважин соответственно. α - константа, принимающие значение 0 или 1; $F(x, y, t) = q_i(t)\delta(x - x_i, y - y_i), i = \overline{1, n}$; q_i - дебиты скважин; $\delta = \begin{cases} 1, & x = x_i, y = y_i \\ 0, & x \neq x_i, y \neq y_i \end{cases}$ - дельта функция Дирака.

Для решения задачи применяются численные методы потоковой прогонки, обычной прогонки, покомпонентная расщепления [8-10].

Таблица 1

Параметры подземного выщелачивания

Параметры	Обозначение	Размерность
Давление	P	атм, кг/м ²
Напор	H	см
Проницаемость	k	д, см ²
Коэффициент фильтрации	k^0	см/сек
Пористость пласта	m	-
пористость пласта, насыщенной полезной компонентой	m_c	-

абсолютная вязкость	μ	г сек/см ²
кинематическая вязкость	ν	см ² /сек
плотность жидкости	ρ	г сек ² /см ⁴
Концентрация реагента	C_1	мг/л
Концентрация полезной компоненты в жидкой фазе	C_2	мг/л
Концентрация полезной компоненты в твердой фазе	N	мг/см ³
Коэффициент диффузии	D	м ² /сек
Коэффициент конвективной диффузии	\tilde{D}	м ² /сек
Скорость потока	V_x, V_y	см/сек
Коэффициент упруго ёмкости	K	кг/см ²
Мощность пласта	h	см
Дебиты скважин	q_i	см ³ /сек
Объемный вес жидкости	γ	г/см ³

Заключение

Разделение на самостоятельные части систем уравнения (1)-(13), выгодно при которых, решив самостоятельно можно получить огромное значение в пред проектных, проектных исследованиях и анализе, а также в уточнении процесса разработки месторождений полезных ископаемых.

Список литературы

2. Homogenization of Immiscible Compressible Two-Phase Flow in Porous Media: Application to Gas Migration in a Nuclear Waste Repository / B. Amaziane, S. Antontsev, L. Pankratov, A. Piatnitski // Journal on Multiscale Modeling and Simulation 8(5): 2023-2047. – 2010. – SIAM DOI:10.1137/100790215.

3. On the ability of a Darcy-scale model to capture wormhole formation during the dissolution of a porous medium J. Fluid Mech / F. Golfier, C. Zarcone, B. Bazin, R. Lenormand, D. Lasseux, M. Quintard // – 2002. 457, 213-254.

4. Грабобников, В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов / В.А. Грабобников // – М.: Недра, 1983. – С. 120.

5. Мамилова, В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания / В.А. Мамилова // – М.: Атомиздат, 1980. – С. 248.

6. Бахуров, И.К. Химическая добыча полезных ископаемых / И.К. Бахуров, В.Г. Руднева // – М.: Недра, 1972. – С. 136.
7. Алимов, И. Математическое моделирование гидродинамических процессов подземного выщелачивания. – Ташкент, изд. «ФАН», 1991. – С. 82.
8. Веригин, Н.Н. Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород / Н.Н. Веригин и др. // – М.: Недра, 1977. – С. 271.
9. Равшанов, Н. Численное моделирование процесса фильтрации газа в пористой среде / И.И. Алимова, Н. Равшанов // Узбекский журнал: Проблемы вычислительной и прикладной математики. Т., 2018. – №1 (13)– С. 48-55.
10. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики. – М: Наука, 1980.
11. Самарский, А.А. Теория разностных схем. – М: Наука.

Разработка программного обеспечения для бинокулярной системы технического зрения

М. А. Чернышов, E-mail: mixail.chernyshov.00@mail.ru
В. Г. Бондарев, И. Р. Кабиров, Д. В. Лопаткин, Д. Е. Титов

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина

***Аннотация.** Рассмотрена задача разработки программного обеспечения навигационной системы беспилотного летательного аппарата на базе бинокулярной системы технического зрения. Сформулирована задача создания алгоритмов нахождения местоположения в пространстве, посредством счисление координат подвижного объекта, а также динамическую триангуляцию земной поверхности.*

***Ключевые слова:** Система технического зрения, программное обеспечение, навигационная система, беспилотный летательный аппарат*

Введение

Актуальность работы обусловлена решением задач, обеспечивающих устранение недостатков беспилотной авиации, наиболее критичными из которых являются уязвимость средств связи и радионавигации от радиоэлектронных помех, а также недостаточная точность инерциальной системы навигации. Измерительные возможности систем технического зрения (СТЗ) позволяют решать значительное число задач наведения, прицеливания, сопровождения целей и применения авиационных средств поражения в автоматическом режиме, что превращает СТЗ в многофункциональную систему со значительными информационными возможностями. Решение подобных измерительных задач посредством СТЗ для беспилотной авиации требуют разработки ряда алгоритмов и технических решений, обеспечивающих создание прецизионных СТЗ способных решать навигационные задачи в любое время суток и в сложных помеховых и метеорологических условиях. Исходя из этого, для расширения навигационных возможностей беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) весьма актуальной задачей является определение рациональных способов построения навигационных систем БпЛА на основе СТЗ и разработки их программного обеспечения.

Разработка программного обеспечения

Для разработки программного обеспечения был использован язык программирования python и библиотека компьютерного зрения OpenCV. Для разработки графического интерфейса использовалась библиотека Qt5 рис. 2.

Структура программного обеспечения выглядит следующим образом:

- Основной исполнительный файл BasicDemo.py;
- Класс с параметрами камеры Camera_Params.py;
- Класс с операциями осуществляемыми камерой CamOperation.py;
- Класс с описанием графического интерфейса PyUiBasicDemo.py.

Заголовочные файлы с константами типов пикселей и ошибками работы камеры.

Графический интерфейс программы включает в себя два окна вывод изображения с подключаемых камер, кнопки поиска и подключения камер, сохранения изображения, а также кнопки реализующие изменение параметров обработки получаемого изображения и изменение режимов видеопотока. Графический интерфейс представлен на рис. 1

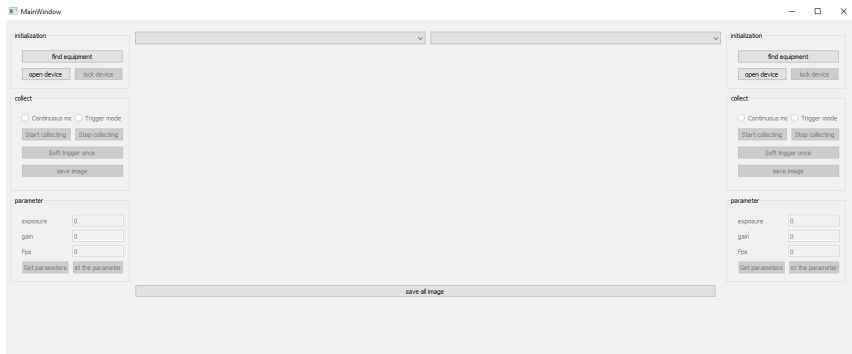


Рис. 1. Графический интерфейс программы

Алгоритм работы программы представляет из себя следующую последовательность операций:

Нахождение подключенной камеры и получение ее индекса рис.2;

```

def TxtWrapBy(start_str, end, all):
    start = all.find(start_str)
    if start >= 0:
        start += len(start_str)
        end = all.find(end, start)
        if end >= 0:
            return all[start:end].strip()

```

Рис. 2. Программная реализация получения индекса камер
выбора необходимой камеры в списке доступных камер

```

devList = []
for i in range(0, deviceList.nDeviceNum):
    mvcc_dev_info = cast(deviceList.pDeviceInfo[i], POINTER(MV_CC_DEVICE_INFO)).contents
    if mvcc_dev_info.nLayerType == MV_GIGE_DEVICE:
        print("\ngige device: [%d]" % i)
        chUserDefinedName = ""
        for per in mvcc_dev_info.SpecialInfo.stGigEInfo.chUserDefinedName:
            if 0 == per:
                break
            chUserDefinedName = chUserDefinedName + chr(per)
        print("device user define name: %s" % chUserDefinedName)

        chModelName = ""
        for per in mvcc_dev_info.SpecialInfo.stGigEInfo.chModelName:
            if 0 == per:
                break
            chModelName = chModelName + chr(per)

        print("device model name: %s" % chModelName)

```

Рис. 3. Программная реализация списка доступных камер
подключения к камере

```

if isOpen:
    QMessageBox.warning(mainWindow, "Error", 'Camera is Running!', QMessageBox.Ok)
    return MV_E_CALLORDER

nSelCamIndex = ui.ComboDevices.currentIndex()
if nSelCamIndex < 0:
    QMessageBox.warning(mainWindow, "Error", 'Please select a camera!', QMessageBox.Ok)
    return MV_E_CALLORDER

obj_cam_operation = CameraOperation(cam, deviceList, nSelCamIndex)
ret1 = obj_cam_operation.Open_device()
if 0 != ret1:
    strError = "Open device failed ret:" + ToHexStr(ret1)
    QMessageBox.warning(mainWindow, "Error", strError, QMessageBox.Ok)
    isOpen = False
else:
    set_continue_model()

    get_param1()

    isOpen = True
    enable_controls1()

```

Рис. 1. Программная реализация подключения к камере выбора
режима видеопотока


```

def set_software_trigger_mode1():
    ret = obj_cam_operation1.Set_trigger_mode(True)
    ret1 = obj_cam_operation1.Set_trigger_mode(True)
    if ret != 0 and ret1 != 0:
        strError = "Set trigger mode failed ret:" + ToHexStr(ret) + ToHexStr(ret1)
        QMessageBox.warning(mainwindow, "Error", strError, QMessageBox.Ok)
    else:
        ui.radioContinueMode1.setChecked(False)
        ui.radioTriggerMode1.setChecked(True)
        ui.bnSoftwareTrigger1.setEnabled(isGrabbing1)

```

Рис. 2. Программная реализация режима плавного срабатывания вывода изображения с камеры в интерфейсе

На данный момент разработанное программное обеспечение позволяет получать изображение с камер и обрабатывать его в режиме реального времени. В перспективе для решения задач навигации необходимо реализовать функцию устранения дисторсии и нахождения особых точек по которым можно будет определять приращение, за счет чего и будут вычисляться координаты

```

def start_grabbing1():
    global obj_cam_operation1
    global isGrabbing1

    global obj_cam_operation
    global isGrabbing

    ret = obj_cam_operation1.Start_grabbing(ui.widgetDisplay1.winId())
    if ret != 0:
        strError = "Start grabbing failed ret:" + ToHexStr(ret)
        QMessageBox.warning(mainwindow, "Error", strError, QMessageBox.Ok)
    else:
        isGrabbing1 = True
        enable_controls1()

    ret1 = obj_cam_operation.Start_grabbing(ui.widgetDisplay1.winId())
    if ret1 != 0:
        strError = "Start grabbing failed ret:" + ToHexStr(ret1)
        QMessageBox.warning(mainwindow, "Error", strError, QMessageBox.Ok)
    else:
        isGrabbing = True
        enable_controls1()

```

Рис. 3. Программная реализация получения потокового изображения изменение параметров обработки изображения

Заключение

Обосновано применение оптико-электронных систем навигации на базе бинокулярных систем технического зрения для беспилотных летательных аппаратов.

Представлена работоспособная система технического зрения с возможностью обработки изображения.

Сформулированы задачи по созданию алгоритмов устранения дисторсии изображения, которые увеличат точность определения контрастных точек на поверхности, что позволит полноценно решать задачи видеонавигации.

Список литературы

1. Верба, В.С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов с БЛА / В.С. Верба. – М.: Радиотехника, 2016. – 512 с.

2. Красовский А. А. Теория корреляционно-экстремальных навигационных систем / А. А. Красовский, И. Н. Белолозов, Г. П. Чигин. - М.: Наука, 1979. - 448 с.

3. Навигационные возможности оптико-электронных средств / В. Г. Бондарев, Д. В. Лопаткин // Сб. статей по мат. XIII Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского». - М.: Издательский дом Академии Н.Е. Жуковского, 2016. - С. 133-140.

4. Гришин В. А. Системы технического зрения в решении задач управления беспилотных летательных аппаратов // Датчики и системы, 2009. - № 2. - С. 46-52.

5. Счисление координат подвижного объекта посредством видеонавигации / В. Г. Бондарев, Г. А. Бондарева, Д. Б. Литвин, Е. М. Сербин // Статья в сб. трудов МНПК «Инновационные направления развития в образовании, экономике, технике и технологиях». – Ставрополь : Ставролит, 2014. - С. 97-101.

Анализ эффективности применения информационных технологий в учебно-тренировочных средствах.

В. В. Шатских, email: nauchnajarota@yandex.ru
М. А. Свиридов, Д. В. Терехов, П. И. Андреев, Н. С. Толстошеин,
П. А. Меньшиков, В. Р. Семенов.

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный)

***Аннотация.** В статье представлен процесс построения моделей элементов учебно-тренировочного средства, в котором описываются особенности использования информационных технологий в этом процессе.*

***Ключевые слова:** учебно-тренировочное средство, 3D-модель объекта, информационные технологии, подготовка специалистов.*

Введение

Существуют случаи, когда закрепление теоретических знаний практическими навыками затруднены различными обстоятельствами. Например, отсутствуют изучаемые объекты, высокая стоимость и т.д. Данную проблему помогают решить учебно-тренировочные-средства (УТС), в которых обучаемый может не только изучать теорию, а также получать практические навыки работы.

УТС представляют собой автоматизированное рабочее место, в состав которого входят: персональный компьютер, средства ввода и вывода информации, а также информационная база и специализированное программное обеспечение, в которое включается математическая модель процесса и управление отзывом системы на действия пользователя.

Преимуществами УТС при изучении различных видов техники являются:

- невысокая стоимость подготовки (переподготовки) операторов;
- бесконечный ресурс модели техники, на которой проходит подготовка;
- легкость обучения, минимальная травмоопасность для оператора;
- отсутствие влияния внешних природных условий и рельефа;
- присутствует возможность подготовки нескольких операторов одновременно.

При моделировании УТС учитывались следующие параметры:

- УТС должны строиться по строгим нормативам;
- УТС должны быть максимально приближены к реальным условиям;
- при моделировании должен соблюдаться принцип модульности;
- УТС должно включать в себя три режима работы: обучение, тренировка, контроль.

Во время разработки учебно-тренировочного средства по станции помех было спроектировано и создано главное меню программы, в котором можно получить доступ к основным функциям тренировочного средства. Таким как: теоретический блок, практический блок и дополнительные элементы. Дополнительные элементы представляют собой кнопки справки, запуска тестирования на знание теории и выхода из УТС. Форма созданного главного меню представлена на рис. 1.



Рис. 1. Экранная форма главного меню

1. Теоретический блок

Теоретический блок был выполнен таким образом, что все необходимые для подготовки специалиста темы были сразу видны в главном меню. Благодаря этому выбору, есть возможность не только теоретически изучить функциональные возможности обучающего средства, но и наглядно увидеть расположение элементов, которые представлены в программе для упрощения доступа пользователя к ним. Экранная форма справки представлены на рис. 2.



Рис. 2. Экранная форма справки о теоретическом блоке

Разработка теоретического модуля УТС состояла из последовательной вставки информации о назначении, составе и тактико-технических характеристиках, порядке работы станции, выборе позиции и ориентировании, развертывании и свертывании станции, условиях и порядке выполнения нормативов и задач. Кроме того, в теоретический блок была добавлена возможность просмотра учебных видеофильмов, что расширяет возможности получения необходимой информации оператором. Фрагмент экранной формы теоретического модуля представлены на рис. 3.



Рис. 3. Экранная форма теоретического модуля с запущенным учебным видеофильмом

После изучения теоретического блока оператором необходимо подтвердить усвоение этой информации пользователем. Для этих целей был добавлен блок тестирования. При прохождении тестирования

оператору будет представлен вопрос и несколько вариантов ответа на выбор (рис. 4), один из которых ему предстоит выбрать.

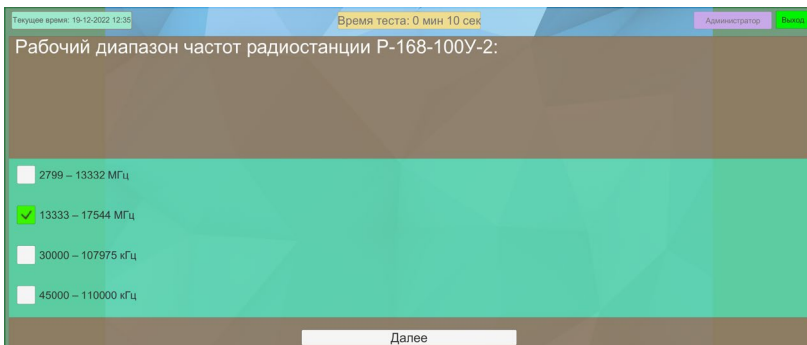


Рис. 4. Экранная форма модуля тестирования

2. Создание интерактивного объекта

Для создания интерактивного объекта, с которым будет проводить подготовка в УТС были созданы 3D-модели объектов, необходимых для этой цели. В программе Сinема 4D использовались инструменты различной сложности для создания максимально реалистичных объектов, соответствующих реальным (рис. 5).



Рис. 5. Создание 3D- модели станции в программе Сinема 4D

После изучения нормативов, а именно: условий выполнения норматива, объёма выполняемых работ и последовательности их выполнения, была создана математическая модель реагирования программы на действия оператора. Далее последовал процесс создания

программного кода, состоящего из двух этапов. Первый этап включал реализацию взаимодействия пользователя с внешней частью модели станции помех, моделями аппаратуры, находящимися в отсеке управления и аппаратном отсеке, и реализацию возможности перехода между отсеками. Второй этап включал реализацию порядка выполнения норматива с последующей оценкой. Экранная форма описанных этапов представлены на рис. 6. Экранная форма выполнения норматива в разработанной программе представлена на рис. 7.

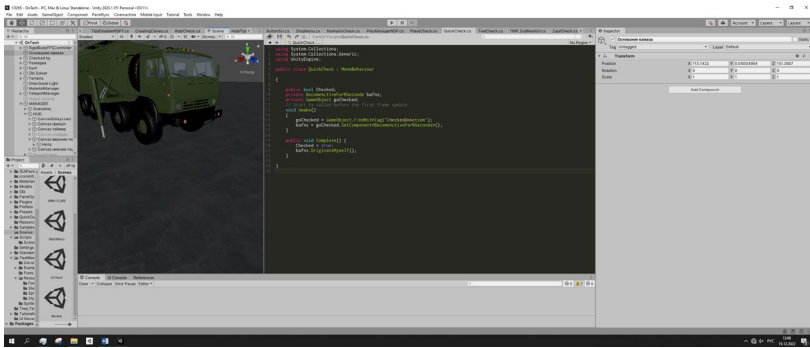


Рис. 6. Экранная форма процесса реализации взаимодействия пользователя с моделью тумблера на пульте управления



Рис. 7. Экранная форма выполнения норматива во время внешнего осмотра изделия

После выполнения норматива оператору показывают статистику его прохождения, а также итоговую оценку (рис. 8). Это поможет пользователю определить, где были у него ошибки и над чем стоит работать в будущем.



Рис. 8. Экранная форма подведения итогов прохождения норматива

Закключение

Апробация показала, что использование данной программы сокращает время на обучение и контроль полученных знаний при общем повышении эффективности обучения на 60%. Сокращение времени происходит благодаря возможности использования программы одновременно на нескольких компьютерах, тем самым отпадает необходимость последовательно проводить обучение и контроль знаний у всех обучающихся операторов.

Таким образом, исследование эффективности показало значимость ОКП при обучении с помощью нее операторов, что показывает релевантность использования информационных технологий при построении моделей учебно-тренировочных средств.

Список литературы

1. Алексеев В.В. Количественная оценка структурного взаимодействия элементов технологических систем / В.В. Алексеев, В.В. Сысоев, В.А. Дикарев // Математическое моделирование технологических систем. - Воронеж: ВГТА, 1999. - Вып. 3. - 145-148 с.
2. Булаг А.А. Об интегральном методе оценки натренированности оператора в системах управления / А.А. Булаг, В.Г. Денисов // Система «человек и автомат» / Под общ. ред. Д.А. Ошанина. М.: Наука, 1965. С. 112-118 с.

Программный комплекс автоматизированного расчета авиационно-климатических показателей облачности

Е.В. Шувакин, email: argentina_85@mail.ru ²

В.С. Балакин, email: balakin69vs@mail.ru ²

Ю.В. Шипко, email: yshipko@mail.ru ²

О.В. Колычев, email: ok.work@mail.ru ²

¹ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

² ЦНИИ ВВС Минобороны России

***Аннотация.** Рассматривается программный комплекс автоматизированного расчета и представления специализированных климатических показателей облачности, необходимых при составлении авиационно-климатических описаний и справок районов аэродромов. Программные модули написаны на языке программирования Python; имеется две версии программ – для работы в операционных системах Windows и AstraLinux. В качестве исходной информации используются архивные метеорологические данные различных источников.*

***Ключевые слова:** автоматизированный расчет, авиационно-климатический показатель, программа, высота нижней границы облаков, форма облачности.*

Введение

В число задач метеорологического обеспечения государственной и гражданской авиации входит изучение и обобщение климатических характеристик районов аэродромов. Согласно требованиям руководящих документов [1, 2] метеорологические подразделения разрабатывают авиационно-климатические описания (АКО) и справки (сводки) аэродромов – справочные пособия, предназначенные для учета местных климатических особенностей при планировании полетов и проведении других мероприятий. При составлении АКО аэродрома предусмотрен расчет различных специализированных климатических показателей приземного слоя, в том числе показателей режима облачности.

При разработке АКО личный состав оперативно-прогностического органа (подразделения) сталкивается с необходимостью обработки большого объема первичной (многолетней) метеорологической информации. Трудоемкость процесса статистического анализа многомерных массивов данных снижает оперативность получения

результатов, повышает вероятность появления различного рода ошибок. Разрешить данное противоречие возможно путем автоматизации расчета и графического отображения специализированных климатических показателей. Тем более, современное компьютерное обеспечение позволяет решать такие задачи автономно.

Цель работы – повышение качества метеорологического обеспечения авиации путем разработки программного комплекса автоматизированного составления АКО в части расчета и отображения характеристик облачности в заданном районе аэродрома.

1. Описание программного комплекса

Разработанный программный комплекс [3] включает два блока: для операционных систем Windows и AstraLinux. Программные модули написаны на языке Python.

Программа позволяет работать с различными по формату и структуре архивными файлами, загружаемыми в качестве входной информации:

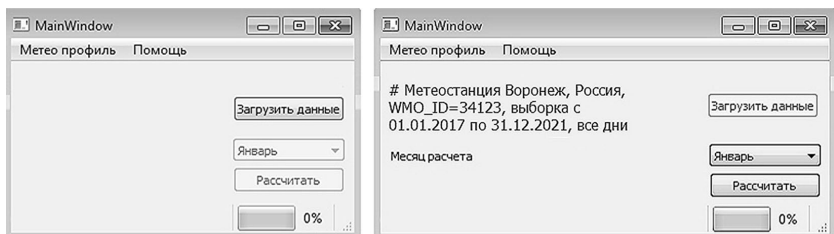
- дневников погоды аэродромов (АВ-6), ведущихся в метеорологических подразделениях государственной авиации [1];
- сети наблюдений Росгидромета по метеорологическим станциям на территории Российской Федерации (массивы в коде КН-01 SYNOP [4] содержат данные восьмисрочных наблюдений в стандартные синоптические сроки с интервалом 3 часа, включают 90 параметров, в том числе признаки качества, коды явлений погоды и др.);
- архивов наземных метеостанций компании «Расписание погоды» (Россия, Санкт-Петербург; имеет лицензию на деятельность в области гидрометеорологии и в смежных с ней областях, представляет информацию по станциям 243 стран мира) [5].

В каждом варианте записи данных файлы имеют свои особенности представления. Необходимое требование: обобщенные архивные файлы данных по определенной метеорологической станции формируются в формате *.csv и включают записи по стандартным срокам за максимально возможный период наблюдений (последних двух-трех десятилетий), но не менее 5 лет [1, 2], за все месяцы каждого года.

Для удобства работы программа расчета и представления специализированных климатических показателей имеет «оконный» интерфейс.

2. Результаты работы программы

В начале работы оператору предлагается загрузить файл данных с многолетним массивом значений метеорологических величин по определенной метеостанции (рис. 1а).



а

б

а – окно загрузки файла данных, б – окно выбора расчетного месяца

Рис. 1. Оконный интерфейс в начале работы программы

После загрузки файла дается информация о выборке (с указанием идентификационного номера метеостанции Всемирной метеорологической организации и объема), активизируется клавиша ввода входного параметра – расчетного месяца (рис. 1б).

После нажатия кнопки «Расчитать» открывается окно отображения результатов расчета с панелью кнопок представления необходимых показателей (рис. 2).

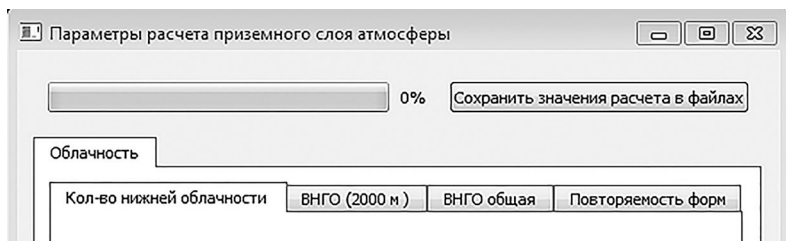
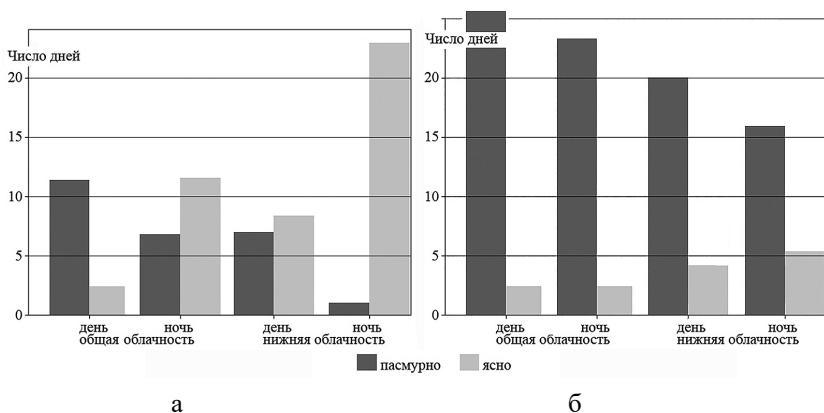


Рис. 2. Главное окно программы отображения результатов расчета с панелью кнопок представления показателей

Расчет среднего числа ясных и пасмурных дней и ночей отдельно по общей и нижней облачности [1] производится путем обработки данных за восемь сроков (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч) по местному времени. При этом ясным считается такой день (ночь), когда сумма баллов облачности за четыре дневных срока – 9, 12, 15, 18 ч (ночных – 21, 0, 3, 6 ч) – не превышает 12; пасмурным считается день (ночь), когда сумма баллов облачности за указанные четыре срока составляет не менее 32. На рис. 3 для примера представлены диаграммы расчета числа ясных и пасмурных дней/ночей по станции Воронеж за июль и январь (см. рис. 2, активирована кнопка «Кол-во нижней облачности»).



а – июль, б – январь

Рис. 3. Диаграмма среднего числа ясных и пасмурных дней/ночей по общей и нижней облачности (ст. Воронеж)

При нажатии кнопки «ВНГО (2000 м)» (см. рис. 2) отображается суточный ход повторяемости высоты нижней границы облаков (ВНГО) в табличном и графическом виде (например, рис. 4).

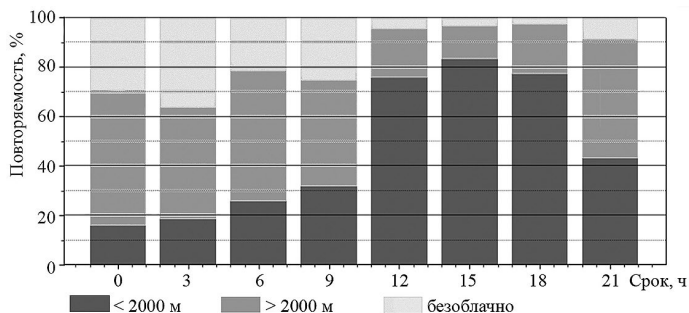


Рис. 4. Суточный ход повторяемости высоты нижней границы облаков (ст. Воронеж, июль)

Суточный ход повторяемости ВНГО для требуемых [1] пределов высот отображается при нажатии кнопки «ВНГО общая» (см. рис. 2), пример дан на рис. 5.

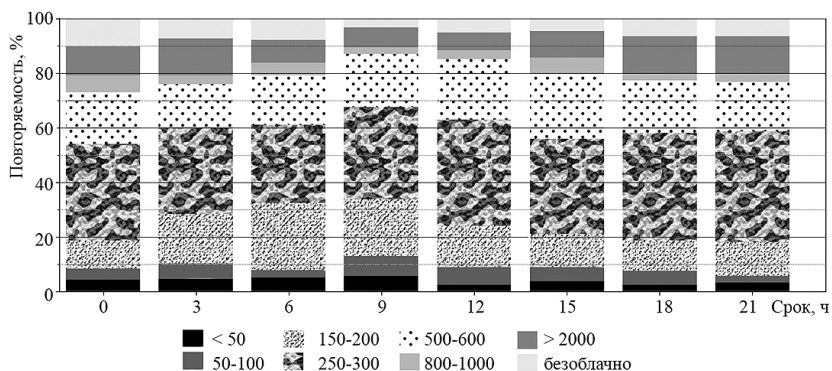


Рис. 5. Суточный ход повторяемости высоты нижней границы облаков по градиентам высот, м (ст. Воронеж, январь)

Повторяемость форм облачности рассчитывается для облаков нижнего яруса и вертикального развития, представляется для каждого месяца в процентах от общего числа наблюдений без учета случаев, когда форма облаков не определялась (формулировка «неба не видно») [1], например, рис. 6.

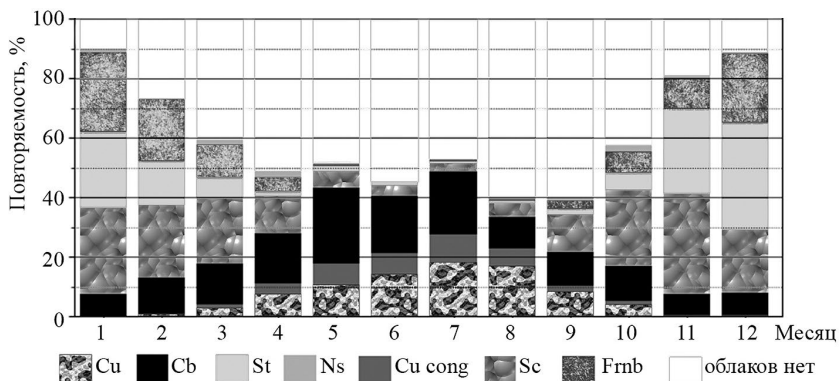


Рис. 6. Распределение по месяцам повторяемости различных форм облачности (ст. Воронеж)

Полученные результаты расчета можно сохранить в файлах (для последующей работы по составлению АКО в метеорологическом подразделении) – кнопка «Сохранить значения расчета» (см. рис. 2).

Заключение

Область применения представленного программного комплекса – авиационная климатология. Входные параметры: многомерный массив данных восьмисрочных наблюдений за основными метеорологическими параметрами на заданной метеостанции (в стандартные синоптические сроки по месяцам за период не менее пяти лет); расчетный месяц. Выходные параметры: таблицы и диаграммы специализированных климатических показателей облачности (представляются на экране монитора и в файлах документа).

Программная реализация расчета и отображения климатических показателей облачности в районе аэродрома относится к подсистеме обработки и анализа специализированной гидрометеорологической информации, отвечает требованиям современного развития системы гидрометеорологического обеспечения государственной и гражданской авиации: повышению качества и эффективности обеспечения безопасности полетов, обеспечения органов управления всеми видами метеорологической информации, необходимой при подготовке и ведении операций, применении вооружения, военной и специальной техники, соблюдению принципа автономности метеорологического обеспечения войск (сил).

Список литературы

1. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. – М.: Военное издательство, 1992. – 488 с.
2. РД 52.21.692–2007. Требования к составлению климатического описания аэродрома [Текст]. – М.: Росгидромет, 2007. – 37 с.
3. Автоматизированный расчет и представление специализированных авиационно-климатических показателей облачности в районе аэродрома: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023616356/ Балакин В.С., Шипко Ю.В., Колычев О.В., Зиброва Н.В. – Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 24 марта 2023 г.
4. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета (КН-01 SYNOP). – М.: Росгидромет, 2012. – 78 с.
5. Расписание погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rp5.ru>

Секция 3
Технологии обработки и
защиты информации

Данные и их информационное содержание на примере потока звуковых волн

Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

***Аннотация.** В данной работе на основе исследований по извлечению информационного содержания волн предлагается использовать возможности структуризации значений амплитуд звукового потока в последовательность качественных структур и последующего восстановления значений амплитуд из этих структур для предварительной глобальной разметки потока значений амплитуд. Подобная структуризация, фиксирующая только характерные точки значения амплитуд, включая как локально минимальные, так и локально максимальные, позволяет разделить поток на фрагменты, в которых идет ориентация, прежде всего, на разброс значения амплитуд в определенных пределах. Показывается возможность использования, как общих количественных характеристик, так и характеристик качественного характера для конкретизации информационного содержания фрагмента на примере звукового потока. С учетом всей совокупности общих характеристик возможна более углубленная фрагментация любого типа волн. Таким образом, становится возможным предварительно размечать весь поток на фрагменты, объединенные набором общих характеристик и применять к ним алгоритмы обработки, соответствующие их содержанию. В заключении предлагается конкретное применение фрагментации для обработки звукового потока.*

***Ключевые слова:** качественный подход, информационное содержание, характерная точка, фрагментация потока, структуризация.*

Введение

За частотой множества слов и терминов иногда трудно уловить, где это просто слово или набор слов, соответствующих правилам морфологии, а где это емкое понятие, выраженное словом, в котором заключен глубокий смысл или как далее будем употреблять термин «**информационное содержание**». Обоснованием употребления именно

такого термина будем считать далее приведенную концептуальную модель нашего распознавания и формирования образа в широком смысле этого слова.

Итак, вся наша познавательная деятельность – это регулярная заготовка информационного содержания для формирования обобщенного **образа** об окружающем нас мире. Образ в узком понимании – это **образ** конкретного объекта. А в широком смысле **образ** это сумма отношений элементарных образов, связанных воедино, которые являются информационным основанием для обеспечения нашего существования через принятие решений на основе информационного опыта и устанавливаемых закономерностей. вытекающих из этого общего образа. Что касается сообщества людей, то через объединение множества образов строится общечеловеческая понятийная база (коммуникационный образ), объединяющая людей информационно, а обобщенный образ выливается в некоторую модель или теоретическое основание, которые позволяют принимать индивидуальные решения, основываясь на опыте других людей. Так или иначе, информационное содержание, выраженное в совокупности образов, требует постоянной подпитки в виде дополнительных информационных данных для нашего разума как генератора и расширителя образов. Возможность формирования образа подкрепляется повторяемостью процессов и событий в соответствии с законами развития природы и способностью разума упорядочивать поступающие данные из окружающего Мира.

В качестве простейшего примера, рассмотрим путь запечатления физически существующего дома. Глядя на дом, наши зрительные рецепторы «схватывают» наиболее характерные элементы, проецируя их на физическом уровне в некоторую структуру в памяти нейронов. И эта структура, оживляемая нашим сознанием, и предстает в виде образа. Образу соответствует идентификатор в виде имени, который мы усвоили процессе обучения. Мы провозглашаем желание построить увиденный дом, и тогда принятое решение синтезируется в процесс постройки дома, который является близким к полученному образу и весьма приблизительной копией увиденного дома. Так мы проследили путь от прообраза – физического дома к образу, а от него к проекции образа в физическую копию прообраза. В приведенных терминах всё сконцентрировано вокруг **образа**, который является ниточкой, связывающей нас с окружающим Миром. Часто мы автоматически объединяем эти три компонента, хотя это три подмножества Миров:

- **Физический Мир**, откуда черпается информационное содержание об объектах через анализ;

- **Мир образов** – сформированный и постоянно обновляемый;
- Мир воплощенных образов через их синтез.

Физический Мир и Мир воплощенных образов могут представлять собой виртуальные Миры, которые строятся на языковой основе и в совокупности являются **Коммуникационным Миром** обмена содержанием образов. В рамках этой коммуникационной среды мы подробно разворачиваем Физический Мир – **как он устроен**, либо Мир, воплощаемых образов – **как построить** физическую копию образа.

Важнейшим свойством образа должно быть компактность и оптимальность представления в нашем сознании, а оно должно постоянно актуализировать образ при появлении соответствующего прообраза.

Распознавание – это проекция информационного содержания объекта, его внешней или внутренней **сущности** либо в существующий, либо в новый образ. А **познание** – это углубление содержания образа об объекте за счет расширения информационного содержания, углубляющее наше представление об объекте.

Перейдем к более конкретному объекту нашего познания к виду волн, который связан со звуком, утверждая при этом об общности такого подхода для любого другого вида волн.

1. Звуковые волны как средство доставки информационного содержания

Не вызывает сомнения, что звуковые волны являются идеальным носителем информационного содержания в коммуникационной среде людей. **Генерируемая** волна через голосовые связки и уже **нагруженная** волна с информационным содержанием через артикуляционный аппарат – вот та пара процессов, которая обеспечивает обмен информацией, а по сути, набором образов, отражающих содержание об объектах окружающего Мира. Хотя речь, в начале существования, как система негласных правил, по тем или иным причинам не могла быть зафиксирована для дальнейшего хранения и обмена информационным содержанием, но появилась знаковая, графическая по воплощению система и более простая в реализации, которая переросла в письменность. Формируя основу письменности в виде алфавита, люди в большинстве своем означивали его, придерживаясь фонемного отличия в речевых словах. В дальнейшем изучение волн открыло дорогу для фиксации звука, включая и речь, и эти возможности по историческим меркам произошли совсем недавно. Стоит заметить, что большинство подходов при изучении звуковых волн, почему-то игнорировало знаковую сторону содержания волн

Первым шагом на пути практического применения и возможности изучения звуковых волн стало появление записывающих устройств, которые проецировали физический процесс, в статическую запись на физический носитель. Такая запись повторяла степень воздействия на воздушную среду давление звуковых волн. Отсюда достаточно закономерно было появление измерительных устройств, переводящих характер поведения процесса воздействия на воздушную среду в визуальную запись, названную осциллограммой. Но это было лишь копирование физического явления в физическую запись при наличии устройств «записи» и «чтения». Все, что касалось информационного содержания, то это полностью определялось человеком, который в большей степени оценивал качество звучания, громкость, наличие помех и т. д.

Следующим шагом, после обеспечения визуализации в измерительных устройствах стало изучение **количественного** информационного содержания волн, которое связало общие волновые количественные характеристики с качественными характеристиками воспроизведения звука. Это позволило внести общие средства воздействия на общие качественные характеристики записываемого или воспроизводимого звука. В качестве примера можно привести эквалайзеры [1]. Стоит отметить, что в исследованиях вводятся как локальные (амплитуда, длина волны), так и глобальные количественные характеристики (частота, спектр) потока звуковых данных. Но эти характеристики лишь косвенно определяют информационное содержание звука. И очевидно, что одно и то же записанное слово, произнесенное громко и тихо, будет иметь разные количественные характеристики, но одно и то же информационное содержание.

Третьим предлагаемым в данной работе шагом по пути извлечения уже качественного информационного содержания стало вскрытие отдельных участков, далее **фрагментов**, которые имеют разную качественную сущность, воплощаемую формой и наконец «расшифровка» определенного фрагмента на предмет соответствия той или иной фонеме или слову через фиксацию формы в структуре. [2].

На пути решения выше указанных задач удалось, прежде всего, структурировать поток количественных данных значений амплитуд на основе системного подхода рассмотрения отношений и внести возможность знакового описания любого потока данных, связанного с волновыми физическими процессами. По сути, поток преобразуется в два массива данных: Массив структурированных данных (структурное информационное содержание), характеризующий количественные характеристики, и массив описателей, который фиксирует интегральные

количественные и качественные характеристики проанализированного массива данных. Именно для конкретного массива данных определяются такие характеристики, которые позволяют по **фрагментам** классифицировать весь поток данных. А далее появляется возможность более глубокого качественного анализа **фрагмента** данных и вскрытия конкретного внутреннего информационного содержания волнового процесса. При этом используется следующая понятийная терминология.

Количественное содержание – это просто данные, фиксируемые тем или иным путем и достаточные для вскрытия информационного содержания.

Стоит заметить, что в противовес **количественному содержанию** могут фиксироваться частичный набор данных – факты, но не достаточные для вскрытия полного информационного содержания структурного и лингвистического. Это можно рассматривать как **факторное содержание**, которое может прогнозироваться на множество вариантов информационного содержания.

Структурно-информационное содержание – информационные структуры, объединяющие вскрытые характерные черты количественного содержания.

Лингвистическое информационное содержание – это информационное содержание, вскрываемое человеком (системой её заменяющей), формирующее речевой образ в сознании человека.

Поток оцифрованных данных (РПОД) с равно интервальной фиксацией значения в коридоре таких возможных значений – это входной поток значения амплитуд, получаемый в результате оцифровки непрерывного повторяющегося (волнового) физического процесса любого вида через равные временные **промежутки**. Момент фиксации значения амплитуды, который может иметь разное временное измерение, формализуется понятием **отсчета**.

Общепринятые характеристики **РПОД** количественного содержания основываются на характере изменения значения амплитуд и частоте колебания (повторения) этих значений. В практическом плане эти изменения не могут быть описаны однозначной функцией, а могут быть аппроксимированы в рамках ограниченного, выделяемого интуитивно, так называемого окна значений амплитуд [3]. Но, даже и в этом случае, когда рассматривается «бушующее море» не стационарных процессов (стационарные процессы не в счет), в рамках выделенного окна могут оказаться совмещенными два или более процессов. Например, в выделенное окно речевого колебания могут попасть

процесс, сформировавший согласную и гласную, относительно которых в потоке РПОД нельзя установить разделительную линию.

Количественные методы аппроксимации, применяемые к РПОД, устанавливают функцию соответствующего поведения физического процесса в рамках выделенного окна, в котором связаны и переплетены вышеприведенные процессы.

Как показано теоретически и на практике [4-5] РПОД можно рассматривать и с позиций качественного подхода. В этом случае акцентирование внимания обращено в сторону проекции рассматриваемого потока в знаковую систему, отражающей повторяемость одинаковых форм характерных элементов потока в разных количественных пределах. Это близко к понятию топологичности пространства или подобию фигур в геометрии. Но, в отличие от формальных механизмов применения операций (функций) по отображению при установлении «идентичности» математических конструктов, в предлагаемом подходе рассматриваются структуры, в основе которых лежит система установления отношений между выделенными характерными элементами. Разные системы отношений, основанные на разных правилах и рассматривающие, быть может, разные характерные элементы, вскрывают разные наборы первичных структур (разный алфавит) и, таким образом, формируют пространство допустимых структур. А определенные последовательности таких знаков присущие РПОД для определенного класса таких процессов образуют «словарь» терминов, с помощью которого возможно их описание.

Характерные точки (рассматриваемые далее) – это точки на условной шкале отсчетов (номер отсчета), в которых значения амплитуд изменяют направление своего изменения (дельту приращения).

Структурированный поток оцифрованных данных (СПОД) – РПОД преобразованный в последовательность элементарных структур – паттернов (ПРИМИТИВ, УНИПРИМ), имеющих конечное, определяемое (на основе отношений в рамках **качественного** подхода) возможное количество экземпляров структур с сохранением **количественного** значений амплитуд для характерных точек и количества отсчетов между ними. СПОД обеспечивает **первый уровень** информационного **упорядочения РПОД**. СПОД вскрывает структурно-информационное содержание РПОД. Но, стоит отметить, что с одной стороны это **качественное** структурно-информационное содержание, которое отражает форму без относительно количественной стороны (ПРИМИТИВЫ и УНИПРИМЫ) и **количественное** структурно-информационное содержание, конкретизирующее **качественное**

структурно-информационное содержание в значениях амплитуд и количества отсчетов между ними. СПОД по факту переводит равномерное распределение амплитуд РПОД в структуру, где учитываются только **характерные значения** амплитуд и **расстояние** между ними в количестве отсчетов.

Использование паттернов (**ПРИМИТИВ, УНИПРИМ**) лишь частично вскрывает информационное содержание РПОД. Увеличение числа характерных элементов всё более точно отражает информационное содержание, но это приводит к существенному увеличению «алфавита при невозможности определения границы достаточности размерности алфавита, обеспечивающего адекватное описание того или иного процесса.

Выходом из этого является **многоуровневое формирование СПОД** и **фрагментация потока** с учетом количественных и качественных характеристик РПОД.

2. Наблюдаемые количественные и качественные характеристики

Рассмотрим ниже приводимые рисунки 1–3 осциллограммы, представляющие одну и ту же осциллограмму произнесенного фразы «БУДЕМ ПРОБОВАТЬ», на основе которых можно продемонстрировать визуально выделяемые фрагменты и предложить те характеристики, по которым можно их выделить. Если внимательно посмотреть на рис. 1, то визуально можно выделить две зоны: зона тишины с малым разбросом значений амплитуд и небогатой формой представления, и зона произнесенного слова «БУДЕМ», которая имеет разнообразный разброс значений амплитуд.

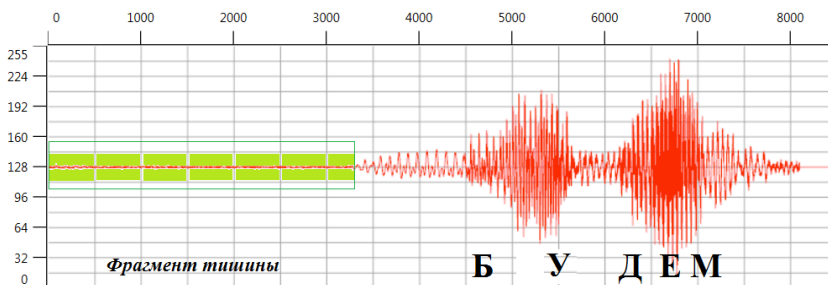


Рис. 1. Фрагмент тишины и фрагмент, связанный с произношением слова «БУДЕМ»

На рис. 2 хорошо различимы между словные промежутки, а также между слоговые, которые хорошо различаются визуально.

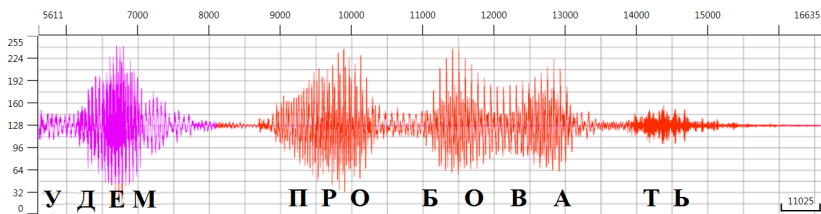


Рис. 2. Связка частично фрагмента «БУДЕМ» и фрагмента слова «ПРОБОВАТЬ»

На рис. 3 повторяется зона фиксации части слова «ПРОБОВАТЬ» и далее тишина, но с неожиданным всплеском почти в самом конце. Такой всплеск связан с нажатием клавиши для остановки записи и её нажатие порождает мгновенный щелчок.

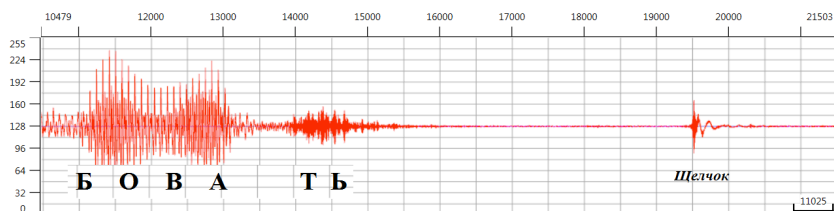


Рис. 3. Продолжение после фрагмента «ПРОБОВАТЬ», фрагмента «тишины» и Щелчка

На рис. 4 в большей степени видно повторение конфигурации рисунков без учета количественных значений амплитуд. Поэтому здесь применима **качественная оценка** повторяющихся конфигураций. Относительно щелчка, то его можно характеризовать как заметный всплеск значений амплитуд на коротком временном промежутке, измеряемый отсчетами. Как вариант оценка отношения отклонения амплитуд по отношению к размерности рассматриваемой зоны.

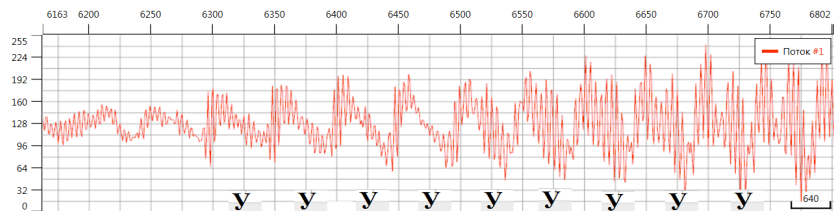


Рис. 4. Укрупненный масштаб участка, где зафиксирована фонема «У»

Для обеспечения выделения подобного рода зон была реализована фрагментация, в которой каждый участок выделяется с указанием разброса амплитуд (8 диапазонов в различных вариантах), но при этом фиксируются все возможные общие характеристики фрагмента такие, например, как максимальное и минимальное значение максимальных значений амплитуд, аналогично для минимумов. Фиксируется длина фрагмента в количестве отсчетов, качественная характеристика формы элементарных единиц в виде имени структуры, максимальное количество отсчетов между локальным максимумом и минимумом и другие.

Заключение

Все вышеуказанные аргументы были положены в основу алгоритмов фрагментации. Процедуры фрагментации позволяют фрагментировать поток в множестве вариаций, а затем производить дополнительное уточнение разбиения на фрагменты в зависимости от рассмотрения определенного типа волн. Ведутся работы по созданию программы, фиксирующей только фрагменты с информационным содержанием, некое подобие программ, включающих запись изображения при наличии движущихся объектов. Также в дополнении к существующему уплотнению звуковой информации при структуризации потока открыта дорога по сжатию звуковой каждого фрагмента с учетом их количественных характеристик.

Список литературы

1. Дьяконов, В. П. Современная осциллография и осциллографы / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2016. – 320 с.
2. Балакирев, Н. Е. Решение задачи формирования топологической первоосновы на основе матрицы отношений / Н. Е. Балакирев, М. В. Евсеева, М. М. Фадеев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.) – Воронеж, 2020. – С. 1559-1566.
3. Гладышев, К. К. Система автоматического распознавания речевых команд / К. К. Гладышев, Е. А. Шульгин // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2009. – № 3. – С. 17-21.
4. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) / Н. Е. Балакирев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIV международной научно-методической конференции (Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.) – Воронеж, 2014. – С. 331-335.

5. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. – 2018. – №4. – С. 768-776.
6. Загуменнов, А. П. Компьютерная обработка звука / А. П. Загуменнов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 582 с.
7. Шрейдер, Ю.А. Системы и модели / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 152 с.
8. Морозов, Н. Основы качественного физико-математического анализа и новые физические факторы обнаруживаемые им в различных явлениях природы / Н. Морозов. – М. : т-во И.Д. Сыгина, 1908. – 402 с.
9. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – 3-е изд., испр. – М. : Техносфера, 2019. – 1048 с.
10. Аграновский, А. В. Теоретические аспекты алгоритмов обработки и классификации речевых сигналов / А. В. Аграновский, Д. А. Леднов. – М. : Радио и связь, 2004. – 164 с.
11. Рабинер, Л. Р. Цифровая обработка сигналов / Л. Р. Рабинер, Р. В. Шафер. – М. : Радио и связь, 1981. – 495 с.
12. Гренандер, У. Лекции по теории образов : В 3 т. Т. 1 Синтез образов / У. Гренандер; Пер. с англ. И. Гуревича, Т. Дадашева; Под ред. Ю. Журавлева. – М. : Мир, 1979. – 383 с.
13. Гренандер, У. Лекции по теории образов : В 3 т. Т. 2 Анализ образов / У. Гренандер; Пер. с англ. И. Гуревича, Т. Дадашева; Под ред. Ю. Журавлева. – М. : Мир, 1981. – 446 с.
14. Гренандер, У. Лекции по теории образов : В 3 т. Т. 3 Регулярные структуры / У. Гренандер; Пер. с англ. И. Гуревича, Т. Дадашева; Под ред. Ю. Журавлева. – М. : Мир, 1983. – 430 с.

Влияние априорной информации на механизм внимания в задаче улучшения качества изображений в моделях-трансформерах

Н. И. Бережнов, email: beregnovnikita@yandex.ru
А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В работе исследуется влияние априорной информации на механизм внимания в моделях трансформеров. В работе используется две современных модели-трансформеров: SwinIR и Restormer. Рассматриваются различные виды шумов и искажений, которые искусственно применяются на датасете ImageNet. Исследуется влияние параметра дисперсии аддитивного гауссовского шума при инициализации механизма внимания в нейронных сетях трансформер. Используется быстрое преобразование Фурье для получения частотной информации об изображении и дальнейшей её использовании в механизме внимания. Показано, что сходимость моделей-трансформеров и качество восстановленных изображений зависит от количества априорной информации, подаваемой на вход механизма внимания.*

***Ключевые слова:** Нейронные сети, повышение качества изображений, модели-трансформеры, механизм внимания*

Введение

На сегодняшний день трансформеры добились существенных результатов во многих задачах компьютерного зрения и обработки естественного языка благодаря механизму внимания. Однако традиционный механизм глобального внимания имеет квадратичную вычислительную сложность от числа пикселей входного изображения [1]. Это делает данную архитектуру трудно применимой в задачах, где используются изображения больших разрешений. Многие исследователи предлагают различные способы уменьшения вычислительной сложности механизма внимания, но это приводит к уменьшению его эффективности. В последнее время всё больше набирают популярность гибридные модели, в которых происходит совмещение блоков моделей-трансформеров и сверточных нейронных сетей [2].

Кроме этого, трансформеры имеют длительный период обучения и требуют большого количества обучающих данных. Современные исследователи анализируют влияние обоих из этих факторов на эффективность применения моделей-трансформеров. Однако данная проблема до сих пор окончательно не решена. В связи с этим, целью данной работы является исследование зависимости времени обучения нейронной сети трансформер и размера датасета от количества априорной информации, подаваемой на вход механизму внимания. Авторы в работе проводят исследование способов инициализации механизма внимания в зависимости от параметра дисперсии (далее будем использовать значение параметра σ , характеризующего среднеквадратичное отклонение или корень из дисперсии) аддитивного гауссовского шума, а также используют быстрое преобразование Фурье для непосредственной подачи в механизм внимания частотной информации об изображении.

1. Априорная информация и механизм внимания

Как было сказано выше, механизм внимания является одним из ключевых элементов модели-трансформер. Схематично он представлен на рис. 1. Обычно исследователи объединяют результаты из нескольких независимо обучающихся блоков внимания (Multi-Head Attention), что ещё больше увеличивает обобщающую способность нейронной сети.

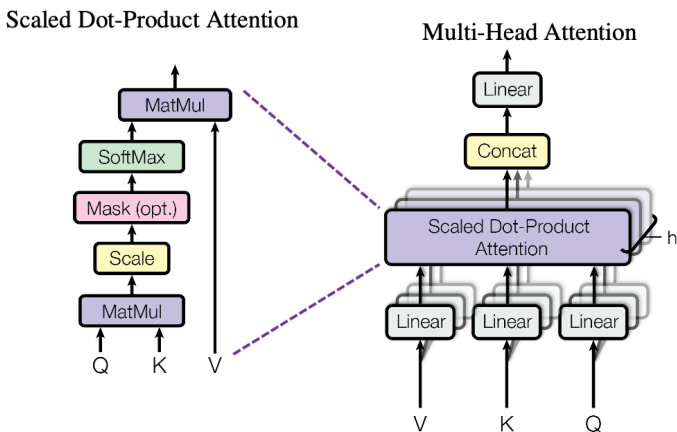


Рис. 1. Механизм внимания [1]

В подавляющем большинстве случаев механизм внимания остаётся неизменным. Исследователи только меняют тип информации, подаваемой на вход: пространственная, канальная, частотная [3],

определяют части изображения, подаваемые на вход механизма внимания (глобальный и локальные механизмы), а также определяют способы обработки и агрегации, полученного на выходе результата. В данной работе используется модификация механизма внимания для возможности задания априорной информации об искажении изображения:

$$Attention = SoftMax\left(\frac{QK^T}{t} \cdot Ts\right) \cdot V$$

где $K, Q, V \in R^{d \times m \times n}$, d – количество изображений в мини-пакете, t – нормировочный коэффициент, $Ts \in R^{m \times m}$ – параметр температуры, используемый для внедрения параметра дисперсии (sigma) аддитивного гауссовского шума при обучении нейронной сети, перемножение тензоров K, Q, V, Ts осуществляется по последним двум измерениям, функция $softmax$ применяется к последнему измерению.

Помимо этого, исследователи [4] пытаются использовать быстрое преобразование Фурье для ускорения операции свёртки больших размеров. В данной работе предлагается использовать блок FFT для выделения частотной информации об изображении и использовании одного и того же механизма внимания работы как с пространственными, так и частотными признаками. В конце блока проводится обратное преобразование Фурье с последующим уже объединением двух результатов, полученных от механизма внимания.

2. SwinIR

Трансформеры стали эффективно применять в задачах компьютерного зрения благодаря архитектуре Swin Transformer [5]. Ниже перечислены основные её отличительные особенности.

Swin Block: Swin Transformer состоит из Swin блоков. Каждый Swin блок содержит в себе несколько слоев, включая слой внутриблочного внимания (intra-block self-attention) и слой межблочного внимания (inter-block self-attention). Эти блоки используются для захвата как локальных, так и глобальных пространственных зависимостей в изображении.

Сдвиговые окна (Shifted Windows): Swin Transformer использует сдвиговые окна внутри блоков с наложением. Что уменьшает вычислительную сложность механизма внимания.

Сеть множественного масштаба (Multi-Scale Network): Swin Transformer включает в себя несколько уровней масштабирования, что позволяет обрабатывать изображения на разных уровнях детализации. Что способствует лучшему захвату информации на различных масштабах.

В данной работе используется модель SwinIR [6], имеющая гибридную Swin структуру, в которой можно выделить три главных компонента:

- поверхностное извлечение объектов (с использованием сверточных нейронных сетей);
- глубокое извлечение объектов (с использованием Swin Transformer);
- высококачественная реконструкция изображений (с помощью сверточных нейронных сетей).

Центральный блок имеет наибольшее значение в данной архитектуре, в нём используются Swin-блоки с добавлением остаточных связей от предыдущих слоёв.

3. Restormer

Нейронная сети Restormer [7] – гибридная нейронная сеть, совмещающая особенности сверточных нейронных сетей и механизма внимания. В работе [7] авторы для повышения разрешения изображений применяют блок MDTA (multi-Dconv head transposed attention), который использует каналный механизм внимания, что позволяет обойти проблему вычислительной его сложности. Преимущество MDTA заключается в его способности анализировать глобальные взаимосвязи между пикселями изображения, оптимизируя при этом локальный контекст для выделения признаков. Что позволяет эффективно его использовать в задачах улучшения качества изображений. Кроме того, на выходе из MDTA применяются depthwise свертки с вентильным механизмом, основанным на функции активации GELU, вместо привычных полносвязных слоев.

4. Влияние априорной информации на механизм внимания

В работе для исследования задачи улучшения изображений использовалась проверочная выборка из датасета ImageNet (50000 изображений) с наложенными на него различными видами искажений в виде аппликативных, аддитивных помех и размытия. Данные искажения подробно описаны в работе авторов [8]. Обучение происходило на видеокарте NVIDIA GeForce RTX 3080 с 16 гигабайтами видеопамяти.

В работе проводились исследования на трансформерах Restormer и SwinIR. Для определения взаимосвязи между априорной информацией и механизмом внимания решено было выбрать аддитивный гауссовский шум с $\sigma = 0.3, 0.4, 0.5$. Также решено было брать подвыборки из обучающего датасета размерами 10000, 25000, 50000 для установления влияния на эффективность работы моделей трансформеров.

Результаты оценки качества изображений представлены на тестовой выборке (500 изображений). В таблицах 1, 2 приведены результаты обучения нейронных сетей при 90000 итераций. Полный цикл обучения 150000 итераций.

Таблица 1

Обучение Restormer. Срез на 90000 итераций обучения

Вид шума	Без априорной информации		С априорной информацией о σ	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
Зашумлённый ImageNet [8]	36,32	0,72	36,33	0,72
Gauss ($\sigma = 0.3$)	46.7	0.75	48.1	0.75
Gauss ($\sigma = 0.4$)	45.3	0.73	47.2	0.74
Gauss ($\sigma = 0.5$)	44.0	0.73	45.5	0.73

Таблица 2

Обучение SwinIR. Срез на 90000 итераций обучения

Вид шума	Без априорной информации		С априорной информацией о σ	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
Зашумлённый ImageNet [8]	35,4	0,71	35,5	0,71
Gauss ($\sigma = 0.3$)	46.6	0.74	48.2	0.75
Gauss ($\sigma = 0.4$)	45.2	0.73	47.2	0.74
Gauss ($\sigma = 0.5$)	44.5	0.73	45.5	0.73

Результаты показали, что качество восстановленных изображений уменьшается с увеличением параметра σ . Однако во всех случаях, если подать на вход механизму внимания априорную информацию о параметре σ аддитивного гауссовского шума, то результаты улучшаются.

График зависимости PSNR от числа итераций при обучении показан на рис. 2. Стоит отметить, что в обоих случаях как с априорной информацией, так и без неё, нейронной сети удалось достичь одинакового результата в улучшении качества изображений. Однако, когда на вход подавалась априорная информация о σ , конечного результата удалось достичь на 20000 операций быстрее.

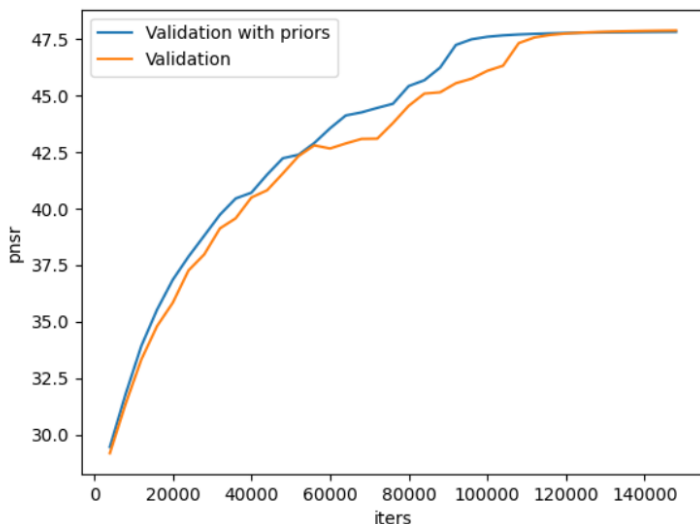


Рис. 1. График зависимости метрики PSNR на валидационной выборке от количества итераций обучения нейронной сети

В работе авторы проводили исследование добавления частотной информации в механизм внимания, но добиться быстрой сходимости нейронной сети при этом не удалось. При этом удалось выявить применимость данного вида информации в случае маленьких выборок, что представлено в табл. 3.

Таблица 3

Restormer. Добавление частотной информации в механизм внимания

Размер обучающей выборки	Без априорной информации		С априорной информацией о sigma		С априорной информацией о sigma и частотной составляющей	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
10000	41.4	0.65	42.5	0.66	43.1	0.67
25000	44.5	0.73	44.6	0.74	44.6	0.74
50000	47.5	0.76	47.5	0.76	47.5	0.76

Результаты, представленные в табл. 3 показывают, что априорная информация может решить проблему нехватки данных для моделей-трансформеров. Чем больше априорной информации об изображении подаётся на вход механизма внимания, тем меньше требуется обучающих данных для достижения требуемого результата.

Заключение

Проведено исследование механизмов внимания трансформеров Restormer и SwinIR с различным количеством априорной информации, подаваемой на вход. Выявлено, что чем больше априорной разнородной информации подаётся на вход нейронной сети, тем выше PSNR и лучше сходимость трансформера при обучении.

Выявлено, чем меньше размер датасета, тем хуже качество работы нейронной сети. Однако было показано, что дополнительно подаваемая на вход априорная информация о σ аддитивного гауссовского шума и частотной составляющей может частично нивелировать данную проблему. В дальнейшем авторами планируется провести исследования локальных механизмов внимания, подавая на вход однородные участки изображения полученных в результате предварительной сегментации его, что позволит существенно снизить вычислительную сложность механизма внимания в моделях-трансформерах.

Список литературы

1. Dosovitskiy, A. An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale. / A. Dosovitskiy // arXiv preprint arXiv:2010.11929. – 2020.
2. Zhang, Y. Kbnnet: Kernel basis network for image restoration / Y. Zhang // arXiv preprint arXiv:2303.02881. – 2023.
3. Kong, L. Efficient Frequency Domain-based Transformers for High-Quality Image Deblurring / L. Kong // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2023. – С. 5886-5895.
4. Леонов, И. К. Использование быстрого преобразования Фурье для ускорения сверточных нейронных сетей / И. К. Леонов. – 2022.
5. Liu, Z. Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows / Z. Liu // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – С. 10012-10022.
6. Liang, J. Swinir: Image restoration using swin transformer / J. Liang // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – С. 1833-1844.

7. Zamir, S. W. Restormer: Efficient transformer for high-resolution image restoration / S. W. Zamir // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – С. 5728-5739.

8. Бережнов, Н.И. Универсальный алгоритм улучшения изображений с использованием глубоких нейронных сетей / Н.И. Бережнов, А.А. Сирота // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – №2 – С. 81-92.

Подход к оценке эффективности систем безопасности объектов критической информационной инфраструктуры

С. А. Будников, email: public.buser@bk.ru
С. М. Коваленко, email: skovalenko90@yandex.ru
А. С. Суховерхов, email: mostom84@mail.ru

ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»

***Аннотация.** Излагается подход к оценке эффективности системы обеспечения безопасности, основанной на применении сил и средств защиты от реализации угроз безопасности информации с учетом возможных негативных последствий и априорной неопределенности эффективности применяемых мер.*

***Ключевые слова:** значимый объект, критическая информационная инфраструктура, мера защиты информации, негативные последствия, объект воздействия, система безопасности, теория эффективности, угроза безопасности информации.*

Введение

Безопасность значимых объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ), имеет важное значение при обеспечении устойчивого функционирования технологического и (или) производственного оборудования [1]. Поскольку нарушение функционирования значимых объектов КИИ из-за реализации угроз безопасности информации может привести к прекращению (нарушению) функционирования управляемых ими физических объектов и возникновению значительных негативных последствий в социальной, экономической и экологической сферах деятельности.

В условиях широкого внедрения современных информационно-телекоммуникационных технологий в КИИ Российской Федерации существенно расширяется перечень чувствительных к компьютерным атакам критических технологических процессов, а также возрастает риск нарушения их функционирования из-за проведения против них компьютерных атак [2].

Эти факторы вызывают острую необходимость парирования возникновения множества негативных последствий, возникающих из-за прекращения или нарушения функционирования сложных организационно-технических значимых объектов и обеспечивающего

(управляемого, контролируемого) им процесса за счет применения организационных и технических мер защиты информации (МЗИ) [3].

Однако оценки эффективности комплексного применения МЗИ в интересах снижения риска возникновения негативных последствий с учетом априорной неопределенности наносимого ущерба и сценариев реализации компьютерных атак до настоящего времени проводятся экспертным методом, и только в отдельных сферах деятельности субъектов КИИ.

При этом многообразие организационных и технических МЗИ, разные значения эффективности их применения в системах безопасности значимых объектов КИИ, архитектурная неоднородность уровня их применения, разная природа возникновения негативных последствий делают задачу оценки эффективности комплекса МЗИ достаточно сложной.

Поэтому целью работы является разработка подхода к оценке эффективности системы безопасности значимых объектов, позволяющей субъектам КИИ без применения сложных математических методов получать приемлемые оценки эффективности в целом и выработать решения по формированию или адаптации совокупности организационных и технических мер для минимизации рисков возникновения негативных последствий.

Основная часть

По результатам анализа источников информации, содержащих сведения о характеристиках, отражающих отдельные аспекты работы систем обеспечения информационной безопасности [4-6], методологии оценки эффективности систем обеспечения безопасности информационных и автоматизированных систем [7, 8] определено, что обобщенная эффективность системы безопасности значимых объектов КИИ $\mathcal{E}\Phi_o$ формируется из равнозначных по влиянию на итог значений эффективностей организационных процессов и процесса применения на отдельных объектах МЗИ $\mathcal{E}\Phi_{i,o}^{МЗИ}$.

Поэтому средневзвешенные аддитивные методы свертки показателей эффективности этих процессов позволяют с заданной степенью адекватности и чувствительности к изменениям значений проводить оценки эффективности системы безопасности значимых объектов в силу априорной неопределенности реализации угроз безопасности информации [1].

Поэтому свертка вкладов степени реализованности $R_{i,o}$ и эффективности совокупности применяемых МЗИ $\mathcal{E}\Phi_{i,o}^{МЗИ}$ в обобщенную

эффективность системы безопасности значимых объектов $\mathcal{E}\Phi_o$ с различным масштабом негативных последствий $K_{уц}$ и степенью соответствия S может быть представлена как средневзвешенная сумма значений показателей, связанных с применением организационных и технических МЗИ. Тогда обобщенная эффективность системы безопасности значимых объектов $\mathcal{E}\Phi_o$ может быть записана как

$$\mathcal{E}\Phi_o = \frac{S}{K_{уц}} \frac{1}{2} \left[\frac{1}{UO} \sum_{u=1}^U \sum_{o=1}^O R_{u,o} + \frac{1}{MO} \sum_{i=1}^M \sum_{o=1}^O \mathcal{E}_{i,o}^{МЗИ} \right], \quad (1)$$

где $K_{уц}$ – корректирующий коэффициент эффективности системы безопасности, для учета масштаба возможного ущерба от возникающих негативных последствий, определенный как:

$K_{уц} = 1$ для значимых объектов КИИ III категории (в [10] определены в качестве обязательных 89 мер относительно 89 обязательных МЗИ для III категории значимости);

$K_{уц} = 1.2$ для значимых объектов КИИ II категории (в [10] определены в качестве обязательных 107 мер относительно 89 МЗИ);

$K_{уц} = 1.3$ для значимых объектов КИИ I категории (в [10] определены в качестве обязательных 116 мер относительно 89 МЗИ);

O – количество объектов защиты (воздействия), входящих в состав значимого объекта КИИ и описанных в Модели угроз;

S – степень соответствия системы обеспечения безопасности требованиям нормативных документов;

U – количество актуальных угроз безопасности информации, определенных в Модели угроз значимого объекта КИИ;

$R_{u,o}$ – значения показателя реализованности комплекса выбранных мер защиты от u -й актуальной угрозы безопасности информации на o -м значимом объекте КИИ;

M – количество, применяемых на значимом объекте КИИ, МЗИ;

$\mathcal{E}_{i,o}^{МЗИ}$ – эффективность i -й МЗИ, применяемой на o -м значимом объекте КИИ.

Введенный показатель эффективности систем обеспечения безопасности значимых объектов КИИ $\mathcal{E}\Phi_o$ характеризует степень соответствия организационных мероприятий по обеспечению безопасности, а также качество практической реализации МЗИ.

Степень соответствия системы обеспечения безопасности требованиям нормативных документов $S, S \in [0,1]$ и значения показателя реализованности комплекса выбранных мер защиты от u -й актуальной угрозы безопасности информации на o -м значимом объекте КИИ $R_{u,o}, R_{u,o} \in [0,1]$ определяются путем числового шкалирования значений [10] соответствия по методу балльного оценивания, широко используемые при оценке рисков [7]. Возможные качественные и численные значения показателя оценки соответствия могут быть выбраны из множеств значений {«Полностью не соответствует», «В основном не соответствует», «В основном соответствует», «Полностью соответствует»} и $\{0, 0.3, 0.7, 1\}$.

Значение эффективности МЗИ $\mathcal{E}\mathcal{F}_{i,o}^{МЗИ}$ определяется с использованием подхода, описанного в [11]. Суть данного подхода заключается в анализе количества общих парируемых угроз безопасности информации, приводящих к соответствующим негативным последствиям, и оценке вклада каждой меры в парирование i -ой актуальной угрозы безопасности информации. Такое решение за счет усреднения позволяет парировать априорную неопределенность реализации угроз безопасности информации и рисков возникновения негативных последствий в оценке эффективности применяемых мер защиты. Исходные данные взяты из справочников «Новый раздел Банка данных угроз безопасности информации» [12]: «Группы мер защиты информации» (200 уточненных МЗИ) и «Негативные последствия» (52 негативных последствия (11 угроз).

Для примера рассмотрим условный значимый объект КИИ, для которого актуальными угрозами безопасности информации являются:

- УБИ.2 – угроза несанкционированного доступа;
- УБИ.3 – угроза несанкционированной модификации (искажения);
- УБИ.4 – угроза несанкционированной подмены;
- УБИ.8 – угроза нарушения функционирования (работоспособности).

В состав значимого объекта КИИ входят следующие однотипные объекты воздействия:

- О.1 – автоматизированное рабочее место (2 объекта воздействия);
- О.2 – коммуникационный сервер (один объект воздействия);
- О.3 – периферийное оборудование (3 объекта воздействия);
- О.6 – активное сетевое оборудование (один объект воздействия).

Реализация угроз безопасности информации на объекты воздействия значимых объектов КИИ может привести к следующим негативным последствиям:

Н.1 – угроза жизни или здоровью;

Н.11 – недополучение ожидаемой (прогнозируемой) прибыли;

Н.16 – необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на восстановление деятельности;

Н.23 – причинение имущественного ущерба.

Для минимизации рисков возникновения этих негативных последствий на всех объектах воздействия (О.1, О.2, О.3, О.6) выборочно применяются следующие меры защиты [10]: АВЗ.1.1, АУД.4.1, ЗИС.12.1, ЗИС.16.1, ЗИС.17.1, ЗИС.21.1, ЗИС.31.1, ЗНИ.1.1, ЗНИ.6.3, ЗТС.1.1, ЗТС.2.1, ИАФ.1.1, ИАФ.2.2, ИАФ.5.1, ИНЦ.4.4, ИПО.2.1, ОДТ.2.1, ОДТ.4.1, ОПО.1.1, ОПО.4.1, ОПС.1.1, ОЦЛ.1.5, СОВ.1.1, УКФ.0.1, УКФ.3.3, УКФ.4.1, УПД.3.1, УПД.4.1, УПД.5.1, УПД.11.1, УПД.13.3, УПД.14.1.

Для этих исходных данных рассчитанные значения эффективности применяемых мер защиты $\mathcal{E}\Phi_{i,o}^{МЗИ}$ приведены на рис. 1.



Рис. 1. Значения эффективности применяемых МЗИ по минимизации возникновения негативных последствий

Рассчитываемое по выражению (1) значение обобщенного показателя эффективности систем обеспечения безопасности значимых объектов КИИ $\mathcal{E}\Phi_o$ с учетом возможного ущерба может быть интерпретировано как степень защищенности по критериям, приведенным в таблице ниже.

Основные результаты

Результаты расчетов значений обобщенного показателя эффективности систем обеспечения безопасности значимых объектов КИИ $\mathcal{E}\Phi_o$ при различных значениях эффективностей процесса организации работ по обеспечению безопасности для значимых объектов КИИ $S \in \{0.3, 0.7, 1\}$ различных категорий значимости приведены на рис. 2.

Анализ полученных зависимостей показал, что требования к безопасности для значимых объектов КИИ 1 категории значимости для обеспечения «высокой степени защищенности» на 15-20% жестче чем для значимых объектов КИИ 2 категории значимости. При этом важным фактором является соответствие системы безопасности требованиям нормативных документов S .

Таблица

Интерпретация результатов оценки эффективности системы обеспечения безопасности значимых объектов КИИ

Сравнительная степень защищенности	Рекомендуемое решение по результатам оценки эффективности	Значение эффективности системы обеспечения безопасности $\mathcal{E}\Phi_o$
«Низкая»	Требуется незамедлительное внесение изменений в систему безопасности	$\mathcal{E}\Phi_o \leq 0.3$
«Средняя»	Требуется внесение изменений в систему безопасности	$0.3 < \mathcal{E}\Phi_o \leq 0.7$
«Высокая»	Не требуется вмешательств в функционирование системы безопасности	$\mathcal{E}\Phi_o > 0.7$

В результате расчетов с использованием разработанного подхода и вариаций наборов применения различных МЗИ выработаны следующие практические рекомендации по повышению защищенности значимых объектов КИИ:

- проведение инвентаризации общедоступных информационных ресурсов и отключение неиспользуемых служб и веб-сервисов;
- проведение анализа открытых портов и блокировка доступа извне (или ограничение доступа по белому списку IP-адресов);
- ограничение доступа по белому списку IP-адресов для взаимодействия по интерфейсу API;

- усиление требований к парольной политике администраторов и пользователей (потребителей) веб-сервисов организаций;
- обеспечение двухфакторной аутентификации сотрудников организации, осуществляющих удаленное подключение к информационной инфраструктуре;
- обеспечение реализации удаленного доступа сотрудников организации к инфраструктуре с применением средств удаленной дистанционной работы через защищенные каналы передачи данных;
- обеспечение реализации технической поддержки с использованием VPN-сетей и двухфакторной аутентификации;
- обеспечение фильтрации трафика прикладного уровня с применением средств межсетевое экранирования уровня приложений (WAF), установленных в режим противодействия атакам;
- отказ от использования незащищенных протоколов управления на сетевом оборудовании и установка разрешений на доступ к оборудованию только из доверенных сетей;
- активация функции защиты от атак отказа в обслуживании (DDoS-атак) на средствах межсетевое экранирования.

Эффективность системы безопасности для значимых объектов разной категории значимости

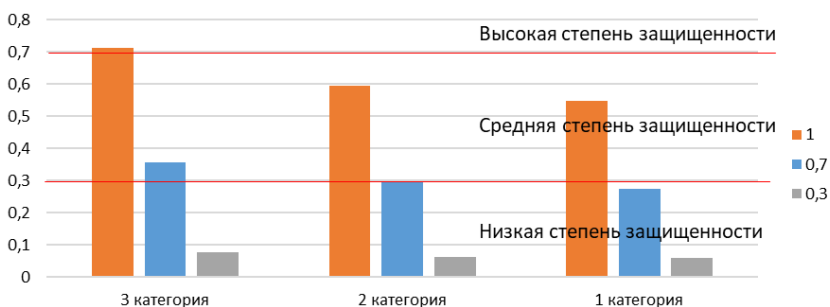


Рис. 2. Значение обобщенного показателя эффективности системы безопасности для значимых объектов КИИ разной категории значимости при значениях $S \in \{0,3, 0,7, 1\}$

Выводы

Таким образом, разработан подход к оценке эффективности системы безопасности значимых объектов КИИ, позволяющая обосновывать рекомендации по применению МЗИ в составе базового или адаптированного набора мер.

Выработаны рекомендации по повышению защищенности значимых объектов КИИ, включающие предложения по усилению требований по идентификации и аугментации, предотвращению вторжений и защите технических средств и систем.

Полученные в работе результаты могут быть использованы как предварительные оценки при создании и модернизации систем безопасности значимых объектов КИИ и разработке предварительных общих методических рекомендаций по реализации мер защиты информации, направленных на нейтрализацию актуальных угроз безопасности в значимых объектах критической информационной инфраструктуры.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации: Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885
2. Статистика и тенденции киберинцидентов АСУ ТП за 2022 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.infowatch.ru/analytics/daydzhesty-i-obzory/statistika-kiberintsidentov-asu-tp-za-proshedshiy-god>
3. Приказ ФСТЭК России. Об утверждении Требований к созданию систем безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и обеспечению их функционирования: приказ ФСТЭК России от 21.12.2017 № 235 (ред. от 20.04.2023) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291501/
4. Федоров, Ю. Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств. В 2-х томах. Т. 1 «Методология» / Ю. Н Федоров ; – М.: СИНТЕГ, 2006. – 720 с.
5. Федоров, Ю. Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств. В 2-х томах. Т.2 «Проектирование» / Ю. Н Федоров ; – М.: СИНТЕГ, 2006. – 632 с.

6. NIST SP 800-82 Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-82/SP800-82-final.pdf>

7. Язов, Ю.К. Методология оценки эффективности защиты информации в информационных системах от несанкционированного доступа: монография / Ю.К. Язов, С.В. Соловьев. – Санкт-Петербург: Научное издательство «Лань», 2023. – 258 с..

8. Кибербезопасность цифровой индустрии. Теория и практика функциональной устойчивости к кибератакам / Под редакцией профессора РАН, доктора технических наук Д. П. Зегжды. -М.: Горячая линия – Телеком, 2020. – 560 с.: ил.

9. Добрышин М.М. Подход к формированию обобщенного критерия оценки эффективности системы обеспечения информационной безопасности // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. №9. – Электрон. журн. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhodk-formirovaniyu-obobschennogo-kriteriya-otsenki-effektivnosti-sistemy-obespecheniya-informatsionnoy-bezopasnosti>

10. Приказ ФСТЭК России от 25.12.2017 N 239 (ред. от 20.02.2020) "Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_294287/

11. Будников, С.А. Методика оценки эффективности систем безопасности автоматизированных систем управления / Коваленко С.М., Бочарова А.И // Вопросы кибербезопасности. 2023. № 3(55). С. 2–12.

12. БДУ – Раздел угроз безопасности информации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bdu.fstec.ru/threat-section/>

Оценка эффективности использования модуля внимания для решения задачи описания изображений с помощью специализированных метрик

П. С. Бурдюг, email: serhioburdug@gmail.com

А. В. Акимов, email: akimov@vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассмотрен принцип работы механизма внимания и его использование для решения задачи описания изображения. Рассмотрены метрики BLEU, METEOR, CIDEr для оценки качества описания. С использованием метрик проведено сравнение эффективности обычной модели энкодер-декодер с моделью, использующей модуль внимания. Результаты сравнения показали эффективность применения механизма внимания для решения задачи описания изображения.*

***Ключевые слова:** описание изображения, модуль внимания, метрики, BLEU, METEOR, CIDEr, лучевой поиск, энкодер-декодер.*

Введение

Машинное описание изображения – это довольно новая задача в области машинного обучения. Её решение помогает слабовидящим и потерявшим зрение людям лучше понимать изображения, а также позволяет осуществлять поиск изображений в сети Интернет с использованием автоматически сгенерированных описаний.

Описание изображения довольно простая задача для человека, но очень нетривиальная для машинных алгоритмов. Человеку достаточно беглого взгляда на изображение, чтобы охарактеризовать множество деталей и событий, но для моделей машинного обучения эта способность – невероятно сложная задача [1].

Модель, решающая задачу, должна уметь извлекать всю информацию из изображения, а затем, используя её, генерировать осмысленные приложения на естественном языке. Таким образом, задача находится на стыке компьютерного зрения и обработки естественного языка [2].

Ранее был произведен обзор модели энкодер-декодер и показано, что с помощью модулей внимания можно улучшить эффективность описания изображения [3]. В данной работе механизм внимания будет рассмотрен более подробно, а также будет проведено сравнение

эффективности модели с модулем внимания с обычной с помощью метрик.

1. Модули внимания

Одним из наиболее важных аспектов человеческого зрения является способность обращать внимание на самые важные детали, именно это помогает нам лаконично описывать изображения. Рассмотренная ранее модель энкодер-декодер никак не реализует эту особенность, из-за этого она имеет трудности с описанием более сложных изображений, содержащих несколько сцен или объектов.

Механизм внимания призван решить эту проблему. Он заключается в добавлении функции (обычно в виде одного или нескольких полно-связных линейных слоев) в модель, на выходе которой модуль должен отвечать на вопрос – насколько важно «обратить внимание» на ту или иную часть данных.

Главная его задача – выделить область изображения, на которую важно обратить внимание при генерации следующего слова в описании, тем самым связывая слова с конкретными частями картинки (рис. 1).



Рис. 1. Карта внимания при генерации слов описания [4]

На вход модуль внимания принимает карту признаков изображения, полученную из энкодера, и скрытое состояние предыдущего блока декодера. Результатом работы модуля внимания является взвешенная карта изображения, где каждое значение – коэффициент важности соответствующего пикселя на изображении для генерации следующего слова (рис. 2) [5]. В сумме все коэффициенты составляют единицу.

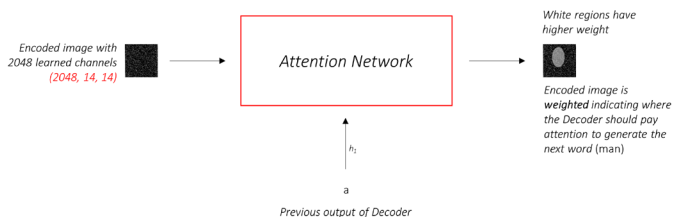


Рис. 2. Механизм внимания для изображения [5]

Взвешенная карта изображения и сгенерированное на предыдущем шаге слово передается на следующий блок рекуррентной сети декодера, который генерирует новое слово, учитывая важность каждой области на изображении.

Таким образом, модель учится описывать изображение по частям так же, как это делал бы человек, что позволяет генерировать описания для картинок с большим числом объектов и действий.

Для того, чтобы количественно оценить качество машинного описания изображения и эффективность модуля внимания необходимо рассмотреть метрики для этой задачи.

2. Метрики качества для задачи описания изображения

Обычно о качестве машинного описания судят, сравнивая его с неким эталоном. На таком сравнении построено большинство существующих метрик, хотя и не все. Главная проблема формирования метрики для задачи описания изображения в том, что одно и то же изображение может иметь разные вполне корректные описания.

Поэтому нельзя изменять качество описания обычными числовыми метриками, такими как перекрестная энтропия.

Важно учитывать контекст слов в описании. Рассмотрим следующие метрики.

BLEU (BiLingual Evaluation Understudy) – метрика, разработанная в ИВМ в 2001 году. Основана на подсчете словосочетаний из машинного перевода, также встречающихся в эталоне. Затем это число делится на общее число словосочетаний в машинном переводе – получается точность (P). Точность подсчитывается отдельно для словосочетаний с разным количеством слов i (от 1 до n), после чего комбинируется. Чтобы избежать слишком высоких оценок BLEU для кратких и неполных переводов, к итоговому результату применяется корректировка – штраф за краткость (BP). Он рассчитывается как отношения количества слов в описании, предложенном алгоритмом, к количеству слов в описании из датасета:

$$BLEU = BP \cdot \left(\prod_{i=1}^n P_i \right)^{1/n} \cdot 100\%. \quad (1)$$

К преимуществам метрики можно отнести простоту расчета и популярность.

При этом BLEU – совершенно неидеальная метрика качества для генерации описания изображения (за идеальную метрику можно принять только оценки описаний человеком). Изначально BLEU не учитывает полноту сгенерированного текста, учесть это помогает лишь штраф за краткость. Метрика также не учитывает смысловые значения слов в описании и зависит от метода токенизации (результаты, полученные с помощью разных методов, несопоставимы). Нет никакой гарантии, что увеличение показателя BLEU является показателем улучшения качества описания [6]. Для решения этих проблем была разработана более продвинутая метрика – METEOR.

METEOR (Metric for Evaluation of Translation with Explicit ORding) в отличие от BLEU использует функции сопоставления синонимов вместе с точным соответствием слов. Это позволяет увеличить корреляцию с оценками экспертов на уровне словосочетаний и предложений.

Алгоритм сначала проводит выравнивание текста между двумя предложениями, строкой эталонного описания и строкой входного текста для оценивания.

Выравнивание – это проставление множества соответствий между словами. На соответствие налагается следующее ограничение: каждое слово в предложении-кандидате должно соответствовать одному или ни одному слову в эталонном предложении.

Точность P определяется как отношение количества слов в машинном описании, которые также были найдены в эталонном описании m к количеству слов в машинном описании w_t :

$$P = \frac{m}{w_t}. \quad (2)$$

В отличие от BLEU METEOR также учитывает полноту R , которая оказывается более важной для корреляции с человеческими описаниями [7]. Она определяется как отношение числа слов из машинного описания, которые также встретились в эталоне m к количеству слов в эталоне w_r :

$$R = \frac{m}{w_r}. \quad (3)$$

Точность и полнота комбинируются в формуле гармонического среднего F_{mean} , в которой вес полноты в 9 раз больше веса точности:

$$F_{mean} = \frac{10P \cdot R}{R + 9P}. \quad (4)$$

Данная формула применяется только для сравнения одиночных слов, которые совпали в эталонном и машинном переводе. Она никак не учитывает последовательность, в которой они расположены. Для того, чтобы это учесть, используется штраф за последовательность (chunk penalty). Штраф основывается на соотношении количества последовательностей слов в кандидате, которые были сопоставлены с синонимичными в эталоне, к количеству слов в кандидате, сопоставленных со словами в эталоне. Он рассчитывается следующим образом:

$$p = 0.5 \left(\frac{c}{u_m} \right)^3, \quad (5)$$

где c – количество сопоставленных последовательностей слов в кандидате, а u_m число сопоставленных слов в кандидате.

Окончательная оценка метеора объединяет F-оценку, рассчитанную на основе точности и полноты, со штрафом за фрагменты:

$$METEOR = F_{mean}(1 - p). \quad (6)$$

Однако метрика по-прежнему никак не учитывает смысловые значения предложений, ограничиваясь сопоставлением синонимов. Эту проблему пытается решить следующая метрика – CIDEr.

Метрика CIDEr (Consensus-based Image Description Evaluation) – это автоматическая метрика, созданная специально для оценки машинных описаний изображений и основанная на человеческом консенсусе. В отличие от предыдущих метрик при оценке описания CIDEr использует несколько различных описаний, составленных людьми и дает более высокие оценки текстам, которые наиболее похожи на сразу все доступные описания.

Идея заключается в расчете значимости каждого словосочетания для определенного предложения на основе частоты его встречаемости в нем и обратной встречаемости в описаниях всех картинок датасета. Это позволяет снижать значимость более общих слов и повышать её для редких и основополагающих слов предложения [8]. Таким образом, для каждого словосочетания ω_k (k – номер словосочетания) из множества всех словосочетаний предложения кандидата c_i (i – номер изображения

в датасете) и всех предложений эталонов s_{ij} (j – номер эталонного описания для изображения с номером i) может быть рассчитан коэффициент важности g_k для одного из этих предложений x , который носит название TF-IDF (Term Frequency Inverse Document Frequency). Он состоит из двух частей, первая – TF оценивает частоту встречаемости словосочетания в предложении x (c_i или s_{ij}):

$$TF_k(x) = \frac{h_k(x)}{\sum_{\omega_l \in \Omega} h_l(x)}, \quad (7)$$

где $h_k(x)$ – количество вхождений словосочетания ω_k в предложение x , Ω – словарь всех словосочетаний датасета, l – номер словосочетания в словаре. Поэтому выражение $\sum_{\omega_l \in \Omega} h_l(x)$ показывает общее число словосочетаний в предложении. Вторая же часть – IDF оценивает редкость встречаемости словосочетания во всех описаниях датасета:

$$IDF_k = \log \left(\frac{|I|}{\sum_{I_p \in I} \min \left(1, \sum_q h_k(s_{pq}) \right)} \right), \quad (8)$$

где I – множество всех изображений в датасете, p – номер изображения в датасете, s_{pq} – одно из описаний изображения I_p (q – номер описания).

Тогда выражение $\min \left(1, \sum_q h_k(s_{pq}) \right)$ для каждого изображения I_p проверяет встречается ли в его описаниях словосочетание ω_k , если да, то оно принимает значение 1, если нет то 0. Таким образом, если словосочетание будет встречаться в описаниях каждого изображения, то IDF будет равна 0, а значит словосочетание незначимо для описания изображений. В итоге TF-IDF примет вид:

$$g_k(x) = TF_k(x) \cdot IDF_k. \quad (9)$$

Сама метрика $CIDEr_n$ рассчитывается для словосочетаний одной длины n и представляет собой среднее косинусное сходство между векторами из коэффициентов важности словосочетаний для предложений кандидата и эталона, которое учитывает как точность, так и полноту:

$$CIDEr_n(c_i, S_i) = \frac{1}{m} \sum_j \frac{g^n(c_i) \cdot g^n(s_{ij})}{\|g^n(c_i)\| \|g^n(s_{ij})\|} \quad (10)$$

где S_i – множество всех эталонных предложений-описаний для изображения с номером i , $g^n(c_i)$ – вектор из коэффициентов важности TF-IDF всех словосочетаний длины n для кандидатского предложения (сформирован соотношением $g_k(c_i)$), аналогично для эталонного предложения s_{ij} , а m – общее число эталонных описаний изображения для усреднения метрики.

Итоговая метрика *CIDEr* учитывает все метрики для словосочетаний разной длины, каждую со своим весом w_n :

$$CIDEr(c_i, S_i) = \sum_{n=1}^N w_n CIDEr_n(c_i, S_i) \quad (11)$$

Экспериментально обнаружено, что лучше всего метрика работает, когда значение весов $w_n = 1/N$, а максимальная длина словосочетания $N = 4$ [8].

3. Сравнение эффективности модели энкодер-декодер с модулем внимания и без него

Для оценки эффективности модуля внимания были реализованы две модели энкодер-декодер, одна из которых содержит модуль внимания. В качестве энкодера была выбрана сеть ResNet-101, а декодера модель LSTM. Обе модели были обучены на датасете MSCOCO 2014 (82783 изображений в обучающей выборке, 40504 в валидационной выборке и 40775 в тестовой) [9]. Каждое изображение в обучающей и валидационной выборках имеет 5 вариантов описаний.

Модели были реализованы в среде разработки Google Colab на языке программирования Python с использованием фреймворка PyTorch.

Обучение производилось в течение 5 эпох, с размером батча 128, использованием оптимизатора Adam с начальным темпом обучения 0.001.

Для вычисления метрик BLEU и METEOR использовалась библиотека NLTK. Для метрики CIDEr – библиотека расчета метрик для датасета COCO `rucosoevalcap`.

Также, был реализован алгоритм лучевого поиска, так как его использование при генерации описания значительно повышает качество генерируемого текста [3]. Суть лучевого поиска – поддержание нескольких гипотез-предложений в памяти при генерации описания декодером и выбор наиболее вероятной лишь в конце. Для каждой модели было обучено 4 варианта с различным числом гипотез лучевого поиска. Метрики рассчитывались для валидационной выборки.

Значения метрик для моделей приведены в табл. 1 и табл. 2, где k – число гипотез лучевого поиска, BLEU-N – метрики BLEU, в каждой из которых с равной степенью важности учитываются только словосочетания с количеством слов от 1 до N.

Таблица 1

Значения метрик для модели энкодер-декодер

к/метрика	BLEU-1	BLEU-2	BLEU-3	BLEU-4	METEOR	CIDEr
1	62,3	43,4	29,3	17,6	16,7	71,5
3	63,1	44,9	30,1	19,1	17,1	77,6
5	63,8	46,7	30,6	21,1	17,2	78,1
7	63,5	45,8	31,0	20,8	17,3	78,0

Таблица 2

Значения метрик для модели энкодер-декодер с модулем внимания

к/метрика	BLEU-1	BLEU-2	BLEU-3	BLEU-4	METEOR	CIDEr
1	68,2	46,4	30,3	23,1	19,1	88,1
3	69,7	48,1	33,2	24,7	21,3	101,5
5	71,2	51,7	36,7	25,1	22,1	110,6
7	70,3	49,8	35,2	25,3	22,2	109,8

Метрики BLEU и METEOR показывают сходство сгенерированных описаний с эталонными в процентах, в то время как метрика CIDEr выражает сходство в произвольной шкале. Можно заметить, что с ростом длины учитываемых словосочетаний, значения метрики BLEU значительно уменьшается, что логично так как модели сильно сложнее сгенерировать похожее словосочетание из 4-х слов, чем более короткое. При этом метрика METEOR имеет еще меньшее значение, чем BLEU-4, что, вероятно, связано с тем, что METEOR учитывает полноту, поэтому показывает более низкое качество, если какие-то слова из эталона пропущены в сгенерированном описании. При этом все метрики имеют лучшие показатели для модели с модулем внимания.

На рис. 3 представлены графики зависимости значения метрик от числа гипотез лучевого поиска для обычной модели и модели с модулем внимания. Здесь для анализа из всех метрик BLEU используется только BLEU-4, так как она учитывает все словосочетания с количеством слов от 1 до 4, а также экспериментально доказано, что она имеет наибольшую корреляцию с человеческими оценками [10].

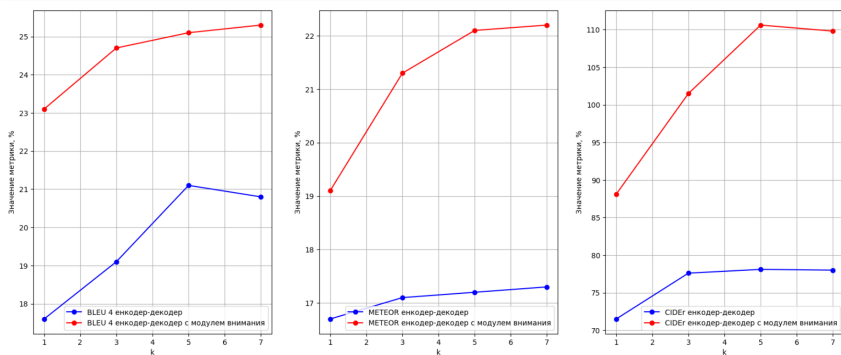


Рис. 1. Графики зависимости значений метрик от числа гипотез лучевого поиска k для обеих моделей

Анализируя графики на рис. 3, можно сказать, что для обеих моделей с ростом числа гипотез k лучевого поиска качество модели заметно растет. Однако при $k = 7$ рост замедляется или же модель вообще ведет себя чуть хуже. Такой результат может быть связан с тем, что при большом числе гипотез лучевого поиска модели хуже обучаются, так как имеют больше возможных гипотез для выбора [11].

Также по графикам метрик на рисунке 3 можно заметить, что модель с модулем внимания имеет значения всех метрик значительно выше, чем обычная. Таким образом, модули внимания значительно улучшают качество модели энкодер-декодер.

Заключение

В рамках данной работы был рассмотрен механизм внимания и его использование для решения задачи описания изображения. Были реализованы две модели энкодер-декодер, одна из которых использовала механизм внимания. Было проведено сравнение эффективности этих моделей с помощью метрик BLEU, METEOR, CIDEr, также рассмотренных в работе. Результаты сравнения доказали эффективность модулей внимания при решении задачи описания изображения.

В качестве дальнейшего направления работы планируется рассмотреть архитектуру трансформер для решения этой задачи. Дело в том, что модель энкодер-декодер имеет еще один изъян: это рекуррентная сеть в декодере, которая работает последовательно, в то время как архитектура трансформер лишена этого недостатка [12].

Список литературы

1. Karpathy, A. Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions / A. Karpathy, L. Fei-Fei // CVPR. – 2015. – DOI: 10.48550/arXiv.1412.2306.
2. Vinyals, O. Show and Tell: A Neural Image Caption Generator / O. Vinyals, A. Toshev, S. Bengio, D. Erhan // CVPR. – 2015. – DOI: 10.48550/arXiv.1411.4555.
3. Бурдюг, П. С. Решение задачи описания изображений с помощью нейронных сетей / П.С. Бурдюг, А.В. Акимов // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ. – 2023. – выпуск 3. – С.308-316.
4. Xu, K. Show, Attend and Tell: Neural Image Caption Generation with Visual Attention / K. Xu, J. Ba, R. Kiros, K. Cho, A. Courville, R. Salakhutdinov, R. Zemel, Y. Bengio // PMLR. – 2015. – DOI: 10.48550/arXiv.1502.03044.
5. Show, Attend, and Tell | a PyTorch Tutorial to Image Captioning [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/sgrvinod/a-PyTorch-Tutorial-to-Image-Captioning> (дата обращения 11.11.2023).
6. Google's Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation / Y. Wu [and all] // CoRR. – 2016. – DOI: 10.48550/arXiv.1609.08144.
7. Banerjee, S. METEOR: An Automatic Metric for MT Evaluation with Improved Correlation with Human Judgments / S. Banerjee, A. Lavie // IEEvaluation@ACL. – Association for Computational Linguistics. – 2005. – P.65-72.
8. Vedantam, R. CIDEr: Consensus-based Image Description Evaluation / R. Vedantam, C. Zitnick, D. Parikh // CVPR. – 2015. – DOI: 10.48550/arXiv.1411.5726.
9. COCO – Common Objects in Context [Электронный ресурс] : датасет. – Режим доступа : <https://cocodataset.org> (дата обращения 11.10.2023).
10. Papineni, K. BLEU: a method for automatic evaluation of machine translation / K. Papineni, S. Roukos, T. Ward, W. Zhu. // Proceedings of the 40th Annual Meeting on Association for Computational Linguistics. – 2002. – P.311-318. – DOI: 10.3115/1073083.1073135.
11. Freitag, M. Beam Search Strategies for Neural Machine Translation / M. Freitag, Y. Al-Onaizan // First Workshop on Neural Machine Translation. – 2017. – DOI: 10.48550/arXiv.1702.01806.
12. Vaswani, A. Attention Is All You Need / A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. Gomez, L. Kaiser, I. Polosukhin // NIPS. – 2017. – DOI: 10.48550/arXiv.1706.03762.

Подходы к использованию искусственных нейронных сетей в задачах автоматического управления

А. В. Бутрин, email: gfdhj2013@ya.ru
С. В. Феофилов, email: svfeofilov@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

***Аннотация.** В данной работе проводится краткий обзор нейросетевых технологий в задачах автоматического управления. Рассматриваются варианты применения искусственных нейронных сетей в системах автоматического управления и типовые схемы нейросетевого управления. Анализируются преимущества и недостатки каждого из таких подходов. Разрабатывается нейроэмулятор нелинейного объекта типа «жёсткий механический упор» на основе нейросети прямого распространения.*

***Ключевые слова:** Искусственные нейронные сети, системы автоматического управления, типовые схемы, нейроэмулятор.*

Введение

В современном мире искусственные нейронные сети (ИНС), активно внедряются в те направления, в которых применение детерминированных алгоритмов не давало удовлетворительных результатов и которые долгое время оставались непосредственно под прямой ответственностью человека, поэтому неудивительно, что, несмотря на сложность современных объектов управления (ОУ), ИНС могут быть также внедрены в системы автоматического управления (САУ) для решения множества сложных задач ввиду своей адаптивности и способности к обучению и аппроксимации данных, коррелирующих друг с другом весьма неочевидным образом. В первую очередь это касается ОУ с математической моделью высокого порядка и существенными нелинейностями. Однако, несмотря на столь значимое преимущество нейросетевых технологий по сравнению с классическими методами синтеза САУ, в ходе анализа многочисленных современных научных работ на тему ИНС и их применения в различных сферах человеческой деятельности был сделан вывод о том, что внедрение нейросетевых технологий в разные отрасли наук и производства происходит с неодинаковой степенью интенсивности.

На данный момент наиболее быстрыми темпами нейросетевые технологии развиваются в таких областях, как распознавание образов,

генерация звука и изображений, системы рекомендаций и принятия решений, обработка голоса и естественного языка. В то же время существуют области, где потенциал ИНС пока ещё используется далеко не в полной мере. САУ как раз можно отнести в такой список. Во многом это связано с недостаточностью научных изысканий в данном направлении, что закономерно влечёт за собой также ограниченность практической реализации нейросетевых САУ. Научных трудов, специализирующихся на данной тематике, сейчас крайне мало, хотя данная область исследований представляет собой значительный научный интерес и обладает большой практической значимостью.

1. Адаптивное и неадаптивное управление

Итак, как и в случае со всеми другими контроллерами, задача нейросетевого регулятора (НР) – это сделать так, чтобы выходной сигнал системы имел минимальное рассогласование с задающим воздействием (ЗВ). В данном случае возможны два подхода нейросетевого управления: неадаптивный и адаптивный. В первом случае крайне важно получить точную аппроксимацию динамики ОУ, что может осуществляться как в режиме онлайн, так и в режиме оффлайн путём обучения ИНС с использованием входных и выходных данных ОУ. Неадаптивный подход не обрабатывает изменения параметров в системе или в окружающей среде, что делает его более простым решением, однако адаптивный подход является однозначно более предпочтительным решением в тех трудных случаях, когда параметры системы неизвестны и/или модель системы содержит в себе неизвестную динамику и/или неопределённость. В адаптивном управлении путём корректировки параметров разрабатывается механизм оценки или моделирования неопределённости системы. Адаптивные методы бывают прямыми и косвенными. В первом случае параметры регулятора корректируются непосредственно за счёт минимизации некоторого критерия качества. При косвенном адаптивном управлении ИНС используется для оценки неизвестных параметров или мер неопределённости системы, предполагая, что оценки являются истинными параметрами системы. Такая нейросеть называется аппроксиматором или идентификатором.

2. Нейросетевые эмуляторы и предикаторы

Так как ИНС могут использоваться для аппроксимации или интерполяции экспериментальных данных, а также для их инвертирования, то это даёт им возможность провести идентификацию систем для построения нейросетевого эмулятора (НЭ) или нейросетевого предикатора (НП). Это весьма близкие, но не идентичные

понятия. В самом простейшем случае эти нейросетевые структуры состоят из ИНС прямого распространения (ПР), получая на вход ЗВ и сигналы задержек по времени (TDL). Отличие НЭ и НП состоит в том, что нейросетевой одношаговый предикатор получает для себя входные данные непосредственно у самого ОУ, что даёт ему возможность с высочайшей точностью спрогнозировать его выходной сигнал на следующем шаге. НЭ, напротив, получает выходные данные самой же ИНС с целью прогноза поведения ОУ на множество шагов вперёд. В отличие от НП он является некой полуавтономной структурой, которая принимает на вход лишь ЗВ, однако по мере увеличения длительности прогноза касательно динамики ОУ постоянно растёт ошибка предсказания, что необходимо учитывать при синтезе САУ с такой нейросетевой структурой. Из этой информации следует, что использование НП может быть эффективно только в тех случаях, если структура ОУ значительно сложнее структуры используемой ИНС. Использование же НЭ оправдано только в тех случаях, когда сложность ИНС хотя бы приблизительно сопоставима со сложностью ОУ.

3. Типовые схемы нейросетевого управления

Вообще, методы использования ИНС в САУ делятся на прямые, при которых они непосредственно управляют ОУ, и непрямые, когда ИНС выполняет вспомогательные задачи, например, по фильтрации шумов или идентификации динамического ОУ. В зависимости от числа ИНС САУ бывают одномодульными и многомодульными, а если помимо ИНС часть функций берёт на себя также традиционный контроллер, то такая система управления называется гибридной. В последнем случае её принцип функционирования может быть различным. Однако в первую очередь НР должен пройти обучение. Он может это делать как непосредственно на самом ОУ, так и обучаясь на эталонной выборке, которую генерирует классический регулятор. В обоих этих случаях после завершения процесса обучения ИНС, её выходной сигнал складывается с выходным сигналом с классического регулятора, и они управляют ОУ сообща. Бывает и наоборот, когда в зависимости от ситуации области действий обычного регулятора и НР разграничиваются. Во всех этих случаях речь идёт о параллельном гибридном нейросетевом управлении.

Руководствуясь логикой данных действий, можно поступить и по-другому, применив так называемое подражающее нейроуправление, при котором ИНС получает на вход ЗВ, выходной сигнал ОУ и управляющий сигнал регулятора или человека-оператора, воспринимая эти данные за эталонную выборку, с тем лишь отличием, что после успешного завершения обучения НР полностью заменяет собой обычный

контроллер в системе. Данный метод не относится к гибридным методам в полной мере. Он характеризуется простотой принципа реализации, однако у него есть такие существенные недостатки как необходимость заранее располагать предварительно настроенным контроллером традиционного типа, что не всегда реализуемо, и невозможность ИНС превзойти контроллер по качеству процессов управления без дальнейшего дообучения по каким-либо другим алгоритмам. Из этого можно заключить, что метод подражающего нейруправления подходит только для начальной настройки НР.

Другим подходом к реализации гибридного нейросетевого управления является использование нейросетевого супервизора для классического регулятора. Например, в случае ПИД-регулятора его коэффициенты становятся переменными в процессе всей работы системы, поскольку в зависимости от своих входных данных их для него подстраивает ИНС. Как правило, она получает на вход значение ЗВ и выходной сигнал ОУ вместе с TDL. В результате этого ПИД-регулятор приобретает ярко выраженные нелинейные свойства, что в случае правильного синтеза системы благоприятно повлияет на качество управления. Такой метод также является эффективным решением в том случае, если система нестационарная.

Принцип инверсного нейруправления подразумевает, что НР должен осуществлять обратную динамику ОУ. Самая простая разновидность инверсного нейруправления — это обобщенное инверсное нейруправление, при котором случайный сигнал подаётся на ОУ, чтобы тот его отработал. Сама суть данного метода подразумевает, что при обучении инверсного НЭ входной сигнал ОУ воспринимается как выходной сигнал инверсного НЭ, а выходной сигнал ОУ с TDL воспринимается как входы НЭ. Задача ИНС в том, чтобы уловить зависимость входного сигнала от выходного и научиться копировать его инверсную динамику. Обучение происходит по методу обратного распространения ошибки. После успешного обучения инверсный НЭ берёт на себя функцию регулятора. Данная система может работать как по замкнутому, так и по разомкнутому принципу. В первом случае на вход инверсного НЭ подаётся ЗВ и сигнал ОС с необходимым числом TDL, а во втором случае на вход инверсного НЭ подаётся только входной сигнал и тоже с определённым числом TDL для обеспечения динамики. Инверсное нейруправление не требует точной математической модели ОУ и обучения в реальном времени, однако среди его недостатков можно отметить необходимость многообразного и информативного входного сигнала для точной идентификации ОУ и проблема с инверсией динамики в тех случаях, когда она является

неоднозначной функцией, из-за чего ИНС начинает воспринимать данные обучающей выборки как противоречащие друг другу, и из-за этого результаты обучения ИНС иногда бывают неудовлетворительными.

Специализированные инверсное нейруправление можно назвать как бы логическим продолжением его обобщённой версии. Сравнивая его с предыдущим подходом, тут схема системы не меняется при обучении и штатной работе, однако необходимо знать математическую модель ОУ с наименьшим числом допущений и неточностей. На вход ИНС поступают значения ЗВ и состояние ОУ с задержками, а с последнего снимается его выходной сигнал, благодаря чему вычисляется ошибка управления. Далее по методу наискорейшего спуска корректируются весовые коэффициенты и смещения ИНС. Такой подход позволяет существенно уменьшить недостатки обобщённого инверсного нейруправления в том случае, если, как уже упоминалось, математическая модель ОУ хорошо известна, однако они оба не могут гарантировать начальной устойчивости ОУ.

Метод обратного пропуска ошибки через прямой НЭ подразумевает применение сразу двух ИНС, одна из которых должна точно моделировать прямую динамику ОУ, в то время как другая берёт на себя функции НР. Прямой НЭ обучается в оффлайн-режиме приблизительно также, как и инверсный, но, как можно догадаться, подключается к ОУ противоположным образом, поскольку должен при одинаковом случайном входном воздействии максимально точно копировать его динамику. Это необходимо для того, чтобы пропуск ошибки через полностью обученный НЭ реализовывал локальную инверсную модель в данной точке пространства состояния ОУ, поскольку когда подходит очередь настраивать НР, то сначала ошибка по принципу обратного распространения проходит через прямой НР без изменения его параметров и только потом идёт через нейроконтроллер, корректируя его веса и смещения. По сути, НЭ в данном случае – это дополнительные слои ИНС НР. Любопытно отметить, что во время обучения НР, можно также параллельно дообучать НЭ, в том случае, если было зафиксировано его незначительное недообучение.

Метод обратного пропуска ошибки через прямой НЭ можно также немного модифицировать, внедрив в схему также эталонную модель динамической системы, чтобы НР подражал её поведению. Это необходимо для непосредственного задания графика переходного процесса с заранее заданными показателями качества, которые необходимо обеспечить, а также ликвидации неустойчивости переходного процесса в том случае, если за время одного такта

невозможно свести до нуля разницу ЗВ и выходного сигнала ОУ, в результате чего время переходного процесса и траекторию выходного сигнала достаточно тяжело спрогнозировать. Эта неопределённость решается вводом в систему устойчивой линейной динамической системы первого или второго порядка, то есть эталонной модели. Когда эталонная модель и система из НР и ОУ получают на вход ЗВ, то эталонная модель выдаёт опорную траекторию, которая сверяется с графиком выходного сигнала ОУ. Получившуюся ошибку управления минимизирует НР.

Далее необходимо отметить, что общий недостаток всех предыдущих методов, как основанных только лишь на минимизации ошибки управления в реальном времени, состоит в том, что не во всех случаях получается обеспечить приемлемое интегральное качество управления, поскольку в случае использования обратной связи (ОС) существует запаздывание как минимум на один такт, а также риск возникновения перерегулирования из-за чрезмерно высокого управляющего воздействия с НР, который стремится снизить разницу между ЗВ и выходным сигналом ОУ, на что обычно уходит далеко не один такт. Один из эффективных вариантов решения данной проблемы — это свести к минимуму функционал стоимости интегральной ошибки, которая прогнозируется на несколько тактов вперёд благодаря наличию в системе прямого НЭ. В данном случае он обучается также, как и в случае обратного распространения ошибки через прямой НЭ, однако, в отличие от предыдущего случая, здесь отсутствует НР. Его функцию в режиме реального времени исполняет оптимизационный алгоритм, который перед подачей управляющего воздействия на ОУ перед этим моделирует возможные его реакции с помощью прямого НЭ и в конечном итоге выдаёт именно такой сигнал управления, который, по его предварительным расчётам, обеспечил наилучшее качество управления на прямом НЭ. Благодаря этому, вышеописанную проблему удастся решить, однако такой метод не всегда бывает возможно применить в системе с высокой частотой дискретизации из-за того, что на каждом её шаге необходимо производить цикличные расчёты, требующие большого числа итераций.

Дальнейшее усложнение концепции теории нейросетевого управления приводит к разбиению поставленной задачи на отдельные подзадачи, а ИНС — на отдельные модули. Этот подход схож с принципом комитетов экспертов, поскольку каждый модуль решает отведённую для себя подзадачу, а шлюзовая сеть синтезирует из выходов таких модулей финальное решение. Наиболее типичный пример такого подхода — эта система многомодульного нейросетевого

управления на основе локальных инверсных моделей. Как можно догадаться из названия, этот метод является глубоким усовершенствованием метода инверсного нейросетевого управления, поскольку один инверсный НЭ как бы разбивается на множество более простых НЭ в виде линейных нейронных сетей Адалина, каждая из которых обучается управлению в рамках своей локальной области пространства ОУ. Такие модули демонстрируют быструю и эффективную обучаемость, а также предсказуемость поведения в отличие от многослойных перцептронов. В этом случае необходимо разбить всё пространство состояний на монотонные области, каждая из которых будет предоставлена какому-то одному инверсному НЭ. Для формирования каждого такого отдельного НЭ можно применить любой из вышеописанных методов нейроруления. По его завершению обучается шлюзовая сеть, задача которой состоит в анализе текущего состояния ОУ для последующего принятия решения о том, сигнал какого контроллера уместен в данный момент времени. Данный метод позволяет радикально решить проблему немонотонности пространства состояний ОУ, однако он требует огромного числа обучающих данных и детального исследования пространства состояния ОУ для его оптимального разбиения на зоны ответственности каждого НЭ.

4. Пример разработки нейроэмулятора для нелинейного объекта

Предположим, что у нас имеется ОУ типа «жёсткий механический упор», который описывается системой уравнений:

$$\ddot{y} = \begin{cases} \frac{k * u - y}{T^2} - \frac{2 * \xi * \dot{y}}{T}, & \text{если } |y| < D \text{ или } |y| = D \text{ и } (k * u - y) * \text{sign}(y) \leq 0, \\ 0, & \text{если } |y| = D \text{ и } (k * u - y) * \text{sign}(y) > 0, \end{cases} \quad (1)$$

где k – коэффициент передачи, u – входной сигнал, y – выходной сигнал, ξ – относительный коэффициент загужания, T – постоянная времени, D – ограничение на выходной сигнал.

Заранее следует оговориться, что в системе (1) будет принято: $k = 1$, $T = 1$, $\xi = 0.25$. Оптимальной функцией активации в НЭ такого ОУ будет ReLU, которая, как известно, описывается формулой:

$$y = f(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 0, \\ x, & \text{если } x \geq 0, \end{cases} \quad (2)$$

где y – выходной сигнал, x – входной сигнал.

Оптимальность данного решения заключается в том, что функция (2) работает как переключатель, что и требуется для имитации поведения объекта, динамика которого может быть описана дифференциальными уравнениями с разрывными правыми частями. Также, поскольку в целом сложность ОУ типа «жёсткий механический упор» как математической модели невысока, то для восстановления вектора состояния такого объекта достаточно использования TDL, что позволяет сделать очевидный вывод о том, что для его эмуляции подойдёт ИНС прямого распространения. Минимальное количество слоёв для такой сети – три, притом, что только скрытый слой имеет функции активации, а минимальные требования к её структуре описываются формулой:

$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n+1 \\ 4 * n_{sat} + 2 * n_{lin} \\ n \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где c_1 – число входных нейронов, c_2 – число скрытых нейронов, c_3 – число выходных нейронов, n – порядок системы, n_{sat} – число фазовых переменных вектора состояния с ограничениями, n_{lin} – число фазовых переменных вектора состояния без ограничений.

Благодаря формуле (3) очевидно, что для простейшего НЭ ОУ типа «жёсткий механический упор», исходя из его дискретного математического описания, достаточно 4 нейрона на входе, 4 нейрона в скрытом слое с функцией активации ReLU и один выходной нейрон. Менее очевидное решение имеет проблема выбора минимального периода TDL. Их периоды, как правило, должны быть кратны минимальному. Выходной сигнал такой ИНС будет дискретизирован по времени, причём шаг дискретизации будет соответствовать минимальному периоду TDL. Кроме того, максимальный их период должен быть больше или равен постоянной времени объекта, поскольку в противном случае ИНС может выдать выходной сигнал с очень большой ошибкой или вовсе окажется не в состоянии воспроизводить динамику ОУ. Кроме того, число TDL не должно быть меньше порядка математического описания ОУ. Во многих случаях увеличение их числа может помочь лучше воспроизводить динамику ОУ.

В рамках данной работы было эмпирически установлено, что довольно точную эмуляцию обеспечивает ИНС с 10 TDL на один входной сигнал при минимальном периоде задержки в 0.2 секунды, хотя вполне приемлемые результаты получались даже при 4 TDL с минимальным периодом задержки в полсекунды. Успешность работы данного НЭ оказалось вполне закономерной, поскольку в обоих этих случаях максимальная задержка была вдвое больше постоянной времени ОУ. На рисунке отображён финальный результат данной работы в виде реакции ОУ и ИНС (НЭ) на синусоидальный сигнал амплитудой 1 см и частотой 1 рад/с.

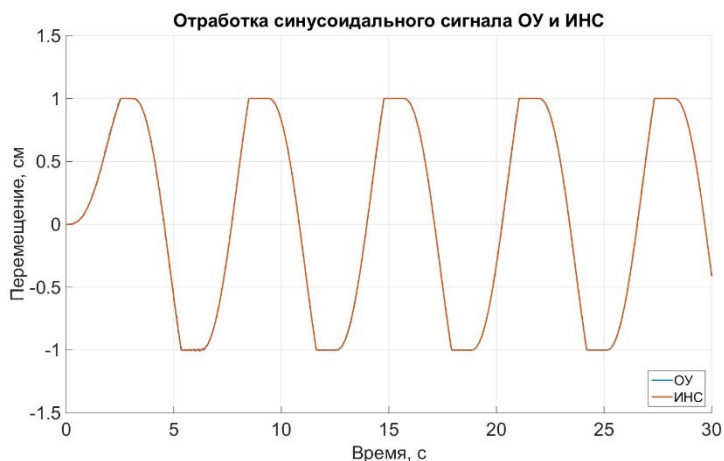


Рисунок. Реакция объекта типа «жёсткий механический упор» и его НЭ на синусоидальный сигнал амплитудой 1 см и частотой 1 рад/с

Из рисунка видно, что реакция ОУ и ИНС на сигнал совпадает с высокой точностью, что говорит о том, что разработка и обучение НЭ прошли успешно.

Заключение

В данной работе был проведён краткий обзор нейросетевых технологий в задачах автоматического управления. Рассмотрены варианты применения искусственных нейронных сетей в системах автоматического управления и типовые схемы нейросетевого управления. Проанализированы преимущества и недостатки каждого из таких подходов. Был разработан нейроэмулятор нелинейного объекта

типа «жёсткий механический упор» на основе нейронной сети прямого распространения.

Список литературы

1. Бураков, М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учебное пособие. Нейронные сети и нейроконтроллеры / М.В. Бураков. – СПб.: ГУАП, 2013. – 282 с.
2. Хапкин, Д.Л. Прикладные методы синтеза нейросетевых регуляторов для объектов управления с ограничителями: дис. канд. техн. наук 2.3.1. – ТулГУ, Тула, 2023. – 142 с.
3. Чернодуб, А.Н. Обзор методов нейроуправления / А. Н. Чернодуб, Д. А. Дзюба // Проблемы программирования. – 2011. – № 2. – С. 79–94.
4. Alemie, A. Neural Network Based Direct Model Reference Adaptive Control Technique For Improving Tracking Performance in Nonlinear Systems: mas. dis. – Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia. – 2019. – 79 p.
5. Siddique, N. H. Computational intelligence: synergies of fuzzy logic, neural networks, and evolutionary computing / Nazmul Siddique, Hojjat Adeli // Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. – 2013. – 517 p.

Анализ проблемы выбора датасета для обучения модели распознавания позы человека в сфере тренировок по йоге

К. Н. Гладкова, e-mail: kgla@sfnedu.ru
Я. М. Демяненко, email: demyana@sfnedu.ru

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

***Аннотация.** В данной работе рассматривается проблема выбора датасета для обучения модели распознавания позы человека в сфере тренировок по йоге, описываются преимущества и недостатки существующих датасетов, а также проблемы сбора собственного датасета и его разметки.*

***Ключевые слова:** распознавание позы человека, human pose estimation, датасет, сбор и разметка данных.*

Введение

Сфера применения моделей human pose estimation (HPE) в основном представлена спортом и медициной. Например, существует ряд приложений, выполняющих роль личного тренера и контролирующих технику выполнения различных упражнений. Приложение HomeCourt [1] анализирует движения баскетболистов и помогает им оценить их уровень игры и вырабатывает рекомендации для улучшения их навыков. Приложение Zenia Yoga [2] определяет правильность выполнения асан (поз) и таким образом делает опыт занятий дома безопаснее и продуктивнее. Однако с сентября 2023 года это приложение изъято из всех маркетплейсов.

Задача распознавания позы человека состоит в нахождении на изображении определенных ключевых точек (КТ) тела, таких как голова, плечи, локти, руки и так далее. По этим КТ и связям между ними воссоздается положение «скелета» позы. Главными проблемами при такой постановке задачи является широкое разнообразие поз и трудности точного определения КТ, когда они являются невидимыми с данного ракурса. Применительно к йоге это происходит почти во всех асанах сидя или «скручивающих» асанах.

В связи с этим возникает необходимость обучения моделей на качественно размеченном датасете. Рассмотрим далее несколько популярных датасетов.

1. Обзор существующих датасетов

Перед тем как оценивать датасеты, установим минимальные требования, которые мы ставим перед ними:

- иметь разметку ключевыми точками;
- иметь не менее 18 точек: лоб, подбородок, плечи, локти, запястья, кончики пальцев рук, таз слева и справа, колени, пятки, кончики пальцев ног (рис. 1);
- иметь широкое разнообразие поз с единственным человеком на изображении: так как мы готовим модель для мобильного приложения с функцией персонального ассистента, то усложнять модель определением поз нескольких людей значит увеличивать её размерность, вес и быстродействие, что критично для приложения.



Рис. 1. Пример необходимых ключевых точек

Оценив изложенные выше требования и ознакомившись с многообразием представленных в интернете датасетов, выделим три основных, которые подходят для решения нашей задачи – COCO, MPII и Yoga-82.

1. COCO [3]

Датасет COCO (Common Objects in Context) [3] был представлен компанией Microsoft в 2014 для таких задач определения объектов как обнаружение и сегментация, а в 2016 году его расширили, добавив разметку ключевых точек тела людей на изображениях. Сейчас он содержит в открытом тестовом наборе более 150 тыс. людей на изображениях и 1.7 млн. размеченных точек. При этом часть изображений содержит несколько людей. Человеческое тело размечено 17 точками: нос, глаза, уши, плечи, локти, запястья, таз слева и справа,

колени и лодыжки. Однако, этих точек недостаточно, чтобы верно оценить асану, так как нет точек подбородка и кончиков пальцев.

2. МРП Human Pose [4]

Другой датасет МРП был создан специально для оценки артикулированной позы человека в 2014 году. Он содержит 25 тыс. изображений с 40 тыс. людьми и репрезентирует 410 видов деятельности. Среди них около 2 тыс. содержат упражнения целиком, 500 – занятия йогой, 2,5 тыс. посвящены спорту и около 1 тыс. – танцам.

Сравним разметки этого и предыдущего датасета (рис. 2).



Рис. 2. Различия разметок COCO и МРП [5]

Ключевых точек выделено 16: голеностопы, колени, бедра, торс, плечи локти, запястья, шея и верх головы. Такая разметка подходит больше, поскольку позволяет оценить наклон головы, однако положение ладоней и стоп всё еще не ясно.

3. Yoga-82 [6]

Yoga-82 – специализированный датасет поз йогой, представленный в 2020 году. Содержит 82 типа асан, разбитых по различной классификации на 6, 20 или 82 класса, и состоит из 28 тыс. изображений, из них лишь часть взята из видео с Ютуб, остальные – из различных учебников и журналов. Однако главный его недостаток – разметка для задачи классификации, а не поиска ключевых точек.

Таким образом, из рассмотренных существующих датасетов наиболее подходящим для задачи распознавания позы человека в сфере тренировок по йоге является МРП. Несмотря на недостаточное

количество размеченных точек, он содержит более 6 тыс. целевых изображений, связанных со спортом в целом и йогой в частности. При этом, в отличие от датасета СОСО, несмотря на значительно меньшую выборку, МРП является специализированным датасетом, и более пригоден для определения поз человека. В то же время, в отличие от узкоспециализированного датасета Yoga-82, МРП позволяет решить задачу определения ключевых точек, а не только классификации поз. Таким образом, данный датасет предлагает оптимальное соотношение возможностей и объёма выборки со специализацией.

2. Сбор датасета

Помимо использования существующих датасетов, для решения поставленной задачи может быть применен сбор собственного датасета. Он может существенно улучшить качество модели, так как будут использоваться только специально отобранные подходящие изображения достаточного качества. При этом, возможно отобрать изображения, подходящие под конкретную специализацию модели – в данном случае, занятия йогой, не пожертвовав функциональностью, как в случае с Yoga-82.

Занятия йогой крайне популярны и поэтому в YouTube представлено широкое разнообразие видео, посвящённых этому с различными позами, а также при различном освещении, ракурсе и телосложении героя видео, что позволяет собрать достаточно большой и качественный материал. При этом нужно иметь в виду необходимость создания его разметки, которое занимает много времени и ресурсов.

Есть несколько вариантов решения этой задачи:

- Самостоятельно собирать и разметить данные. При этом нужно понимать, что для этого потребуется большое количество времени.
- Отдать сбор и/или разметку на аутсорс специализированным компаниям. В этом случае можно получить результат быстрее, хотя и этот вариант довольно дорогостоящий.
- Разметить самостоятельно собранный датасет с помощью уже обученных более сложных моделей. Качество такой разметки будет ниже, чем у ручной. Но за этим способом стоит существенная экономия времени и средств.

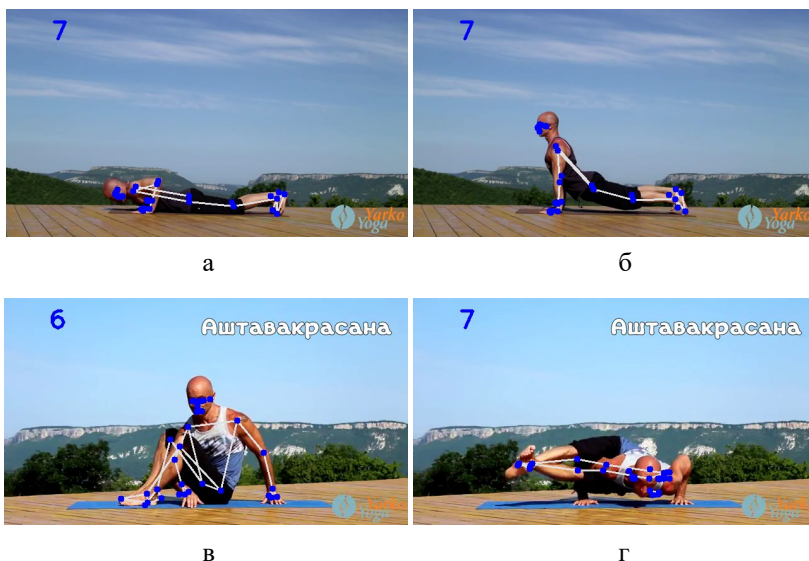
Рассмотрим последний вариант подробнее. Существует ряд моделей в открытом доступе, которые определяют ключевые точки тела человека. Например, OpenPose и MediaPipe.

Система OpenPose [7] содержит несколько предобученных моделей для распознавания позы человека, а также отдельно артикуляций лица и рук. Впервые представленная в 2017 году модель была обучена лишь на наборе данных СОСО, однако в настоящее время есть еще два варианта

модели: обученный на МРП и на собственной разметке 25 точками (дополнительно точки пятки и кончиков пальцев ног).

При этом авторы указывают, что последняя модель Body_25 гораздо точнее первоначальной и работает на GPU быстрее. Подробная документация позволяет установить и использовать систему на различных ОС и оборудовании (например, Nvidia Jetson). К тому же, OpenPose позволяет комбинировать несколько моделей (в том числе и самостоятельно обученных) для получения необходимых результатов. Однако она весьма требовательна к производительности и наличию тензорных процессоров на видеокарте.

Система MediaPipe [8] от Google для оценки позы использует 33 точки (из них 11 для лица), распознавая их в трехмерном пространстве. Скорость распознавания не уступает OpenPose, а точность распознавания поз йоги превосходит возможности данной модели. Как видно из примера (рис. 3) MediaPipe хорошо распознает основные асаны в любой момент их исполнения, однако на некоторых сложных асанах у него возникают проблемы.



а, б – Адхо мукха шванасана, хорошо распознаются подготовительная поза (а) и асана (б), в, г – Аштавакрасана, хорошо распознается только подготовительная поза (в), асана распознается с ошибками (г)

Рис. 3. MediaPipe применительно к видео-уроку по йоге

В отличие от OpenPose, MediaPipe существует как библиотека (пакет) для Python, JS, Kotlin, однако не дает такой гибкой настройки и возможности использовать свои модели для определения какой-то части тела особым образом. При этом ему не обязательно использование аппаратных графических ускорителей, таких как ядра CUDA на видеокартах Nvidia.

Рассмотрев приведённые выше модели для разметки изображений с артикулированными позами, можно заметить, что система MediaPipe обладает рядом преимуществ (скорость, точность и меньшая требовательность к аппаратному обеспечению), которые делают её более подходящей для решения нашей задачи. Вследствие этого мы приняли решение использовать эту систему для разметки основного собранного массива данных с YouTube, дополнив её точечной ручной разметкой для исправления ошибок, возникающих при оценке сложных асан.

Заключение

Определены преимущества и недостатки датасетов COCO, MPII Human Pose, Yoga-82. Сделан вывод о том, что из готовых наборов данных для поставленной задачи распознавания позы человека в сфере тренировок по йоге подходит датасет MPII.

Проанализирована возможность сбора собственного датасета из открытых видеоданных YouTube посвященных занятиям йогой и способы их разметки. Определено, что в данном случае оптимальным вариантом является комбинированный: автоматическая разметка с помощью системы определения поз и дальнейшая ручная разметка.

Рассмотрены системы определения поз OpenPose и MediaPipe. В результате анализа достоинств и недостатков данных систем, для задачи определения асан выбрана система MediaPipe, поскольку она определяет большее число точек тела, более быстрая, точная, устанавливается как пакет языка Python и не требует ядер CUDA.

Список литературы

1. HomeCourt [Электронный ресурс]. электрон. прикладная прогр. – Режим доступа: <https://www.homecourt.ai/>
2. Йога глазами дата-сайентиста: как мы строили computer vision в мобильном приложении [Электронный ресурс]. электрон. журн. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/555162/>
3. COCO Common Objects in Context [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <https://cocodataset.org/>
4. MPII Human Pose Dataset [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://human-pose.mpi-inf.mpg.de/>

5. Deep Learning based Human Pose Estimation using OpenCV [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://learnopencv.com/deep-learning-based-human-pose-estimation-using-opencv-cpp-python/>
6. Yoga-82: A New Dataset for Fine-grained Classification of Human Poses [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <https://sites.google.com/view/yoga-82/home>
7. OpenPose 1.7.0 Documentation [Электронный ресурс]: электрон. прикладная прогр. – Режим доступа: https://cmu-perceptual-computing-lab.github.io/openpose/web/html/doc/md_doc_01_demo.html
8. MediaPipe Pose [Электронный ресурс]: электрон. прикл. прогр. – Режим доступа: <https://chuoling.github.io/mediapipe/solutions/pose.html>

Анализ защищенности информационных ресурсов организаций с использованием инструментов, находящихся в открытом доступе

А. В. Гордеев, e-mail: sampdrpt@gmail.com

А. В. Душкин, e-mail: a_dushkin@mail.ru

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

***Аннотация.** В данной работе показано, какие возможности предоставляют программные инструменты, находящиеся в открытом доступе, в том числе встроенные в операционные системы Windows и Kali Linux. С их помощью проведен анализ защищенности данных сотрудников и сетевой инфраструктуры организации. Показаны наглядные примеры аудита, поиска и обнаружения уязвимостей.*

***Ключевые слова:** анализ, защищенность, информационный ресурс, инфраструктура, риск, сайт, уязвимость.*

Введение

В современном мире многие организации активно переходят в онлайн, чтобы расширить свою клиентскую базу, сократить издержки и повысить эффективность своих операций. Этот переход включает в себя не только создание веб-сайтов и приложений для взаимодействия с клиентами, но и интеграцию цифровых технологий в бизнес-процессы, использование аналитики данных для улучшения решений и многое другое. Такой переход удобен для всех сторон: клиент может воспользоваться услугами организации при помощи своего компьютера или смартфона, организация имеет возможность снизить затраты на содержание физических офисов для, например, оформления услуг.

Тем не менее подобный переход несет свои достаточно ³серьезные риски. Многие сайты создаются при помощи одного и того же программного обеспечения, в котором периодически находят уязвимости разной критичности. IP-адрес любого сайта находится в открытом доступе, что тоже может стать отправной точкой для действий злоумышленников. Также нельзя исключать и человеческий фактор – ошибка сотрудника при выгрузке данных на сайт организации может нанести как репутационный, так и финансовый ущерб.

Многие ресурсы в сети Интернет нуждаются в повышении уровня защищенности своих данных, поэтому имеет место быть следующая

актуальная задача – анализ защищенности информационных ресурсов организаций при использовании инструментов, находящихся в открытом доступе.

Целью данной работы является показать возможность создания методики проведения аудита сетевой инфраструктуры организации, поиска и обнаружения уязвимостей с использованием программных инструментов, находящихся в открытом доступе, а также анализа защищенности соответствующих данных.

1. Сбор информации по открытым источникам

Для наглядности выберем одну из типовых организаций, деятельность которой связана с предоставлением различных услуг, например, компанию ООО «ТЛК-ГРУПП» [1-5]. Отправной точкой для анализа является сбор информации о деятельности организации по открытым источникам. На главном сайте компании находится следующая информация: компания ООО «ТЛК-ГРУПП» основана в 2012 году, на данный момент насчитывает более 500 сотрудников и более 8000 клиентов.

Анализ открытых вакансий на крупном сайте по поиску работы и сотрудников демонстрирует острый недостаток сотрудников на должность менеджеров разного уровня, подавляющее большинство вакансий открыто на должность «Менеджер по логистике». Открытых вакансий на должности специалистов отделов информационных технологий (ИТ) и информационной безопасности (ИБ) в настоящее время нет, что свидетельствует об их укомплектованности или об аутсорсе. Главный сайт компании разработан организацией ООО «Быстрые решения», что частично подтверждает предположение об аутсорсе. Поиск по ключевым словам и файлам в формате .pdf ожидаемых результатов не дал. Тем не менее, была найдена информация о доходах, судебных делах и госконтрактах данной организации.

По данным с сайта компании, она имеет собственные IT-решения: онлайн школа логиста, CRM-система собственной разработки, личные кабинеты перевозчика и заказчика, автоматический подбор транспорта.

1. Онлайн школа логиста

Данные по онлайн-школе не были найдены в открытом доступе, вероятно, весь процесс обучения происходит через другой продукт (приложение, личный кабинет), либо через общедоступные решения по онлайн-обучению.

2. CRM система

Собственная CRM система, разработанная компанией вышеупомянутой ООО «Быстрые решения», (изначально

разрабатывалась сотрудниками компании, после чего отделилась в дочернюю организацию).

3. Личные кабинеты перевозчика и заказчика

Помимо обычных форм авторизации в личных кабинетах предусмотрен механизм восстановления пароля, предположительно делающая запрос в базу данных, после чего отправляющий форму для сброса на e-mail. С большой долей вероятности у организации имеется как минимум две базы данных с информацией о сотрудниках и заказчиках. Также существует клиентская база, интегрированная в CRM систему.

4. Автоматический подбор транспорта

Это функция, интегрированная в CRM-систему.

Сведения о сайте ТЛК-ГРУПП:

- домен: TLK-GROUP.RU;
- сервер: adi.ns.cloudflare.com;
- сервер: ernest.ns.cloudflare.com;
- состояние: ЗАРЕГИСТРИРОВАНО, ДЕЛЕГИРОВАНО, ПРОВЕРЕНО;
- регистратор: RU-CENTER-RU;
- создано: 2012-08-03T14:47:42Z;
- оплачено до: 2024-08-03T15:47:42Z;
- свободная дата: 2024-09-03;
- источник: ТЦИ;
- последнее обновление 2023-10-01T12:26:30Z;
- Веб-сервер – nginx/1.18.0;
- система управления сайтом (CMS): 1С-Bitrix;
- IP сайта: 185.251.88.64;
- хостинг: SPRINTHOST.RU LLC;
- местоположение: г. Санкт-Петербург.

Примерное местоположение IP-адреса представлено на рис. 1 [6].

Далее, был проведен поиск информации через протокол FTP при помощи ПО «NaralmFTPIndexer» [7] (рис. 2). Релевантных результатов этот поиск не дал. Из чего можно предположить, что у организации нет действующего FTP-сервера.

2. Сбор информации с помощью поисковой системы Shodan

Анализ полученного в предыдущей части IP-адреса через систему shodan.io [8] показал следующие детали.

Информация по IP-адресу:

- страна: Российская Федерация;
- город: Санкт-Петербург;
- организация: SPRINTHOST.RU ООО;

– провайдер: SPRINTHOST.RU OOO.

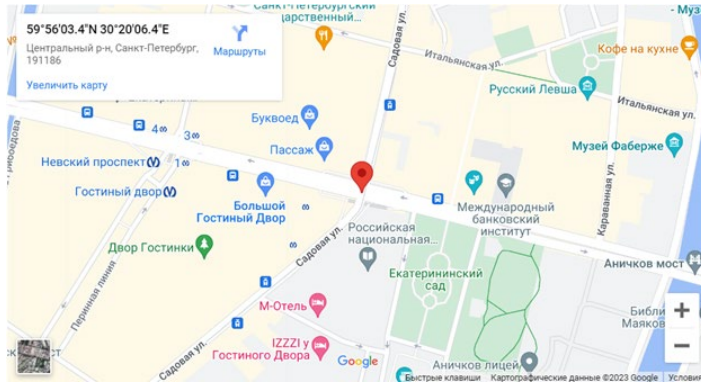


Рис. 1. Примерное местоположение IP-адреса

Order	Date Desc	Date Asc	Size Desc	Size Asc	Name
					Related keywords
					• groups • scene • org • mirrors • demos • diz • pirates • gone • crazy
					• pgcetik • Various • TLK • First • amigascne • the • force • team • tttik323
					• zip • pub • amlga
					/mirrors/scene.org/demos/groups/the_force_team/tttik323.diz 0.3 KB DOWNLOAD
					Last checked 2023-09-18 12:30 Similar files [Browse]
					/mirrors/scene.org/demos/groups/pirates_gone_crazy/pgcetik.zip 149.4 KB DOWNLOAD
					Last checked 2023-09-18 12:31 Similar files [Browse]
					/mirrors/scene.org/demos/groups/pirates_gone_crazy/pgcetik.diz 0.6 KB DOWNLOAD
					Last checked 2023-09-18 12:31 Similar files [Browse]
					/scene.org/demos/groups/the_force_team/tttik323.diz 0.3 KB DOWNLOAD
					Last checked 2023-09-18 08:55 Similar files [Browse]
					/scene.org/demos/groups/pirates_gone_crazy/pgcetik.zip 149.4 KB DOWNLOAD
					Last checked 2023-09-18 08:55 Similar files [Browse]
					/scene.org/demos/groups/pirates_gone_crazy/pgcetik.diz 0.6 KB DOWNLOAD
					Last checked 2023-09-18 08:55 Similar files [Browse]
					/mirrors/amigascne/Groups/TT-Various/TLK-First 127.8 KB DOWNLOAD
					Last checked 2023-09-18 05:28 Similar files [Browse]

Рис. 2. Результат поиска через NapalmFTP Indexer

Информация по открытым портам и запущенными на них сервисами:

– 22 / TCP – OpenSSH8.4p1 Debian 5+deb11u1;

- 80 / TCP – nginx1.18.0;
- 443 / TCP – nginx1.18.0.

Обнаруженные уязвимости: CVE-2023-44487; CVE-2021-3618; CVE-2021-23017.

Рассмотрим каждую по отдельности

1. CVE-2023-44487

Уязвимость реализации протокола HTTP/2 связана с возможностью формирования потока запросов в рамках уже установленного сетевого соединения, без открытия новых сетевых соединений и без подтверждения получения пакетов. Эксплуатация уязвимости может позволить нарушителю, действующему удалённо, вызвать отказ в обслуживании.

2. CVE-2021-3618

Уязвимость веб-сервера Nginx связана с логической ошибкой в реализации TLS при работе с разными протоколами, но с использованием совместимых сертификатов, таких как многодоменные или подстановочные сертификаты. Эксплуатация уязвимости может позволить нарушителю, действующему удаленно, перенаправить трафик с одного поддомена на другой, что приведет к созданию действительного сеанса TLS.

3. CVE-2021-23017

Уязвимость позволяет удаленному злоумышленнику выполнить произвольный код в целевой системе. Уязвимость существует из-за единичной ошибки в ngx_resolver_copy() функции при обработке ответов DNS. Удаленный злоумышленник может вызвать ошибку «не на единицу», записать символ точки ('.', 0x2E) за пределы в выделенном буфере кучи и выполнить произвольный код в системе. Успешное использование этой уязвимости может привести к полной компрометации уязвимой системы.

Таким образом, анализ, проведенный с использованием системы Shodan, показал наличие трех уязвимостей, одна из которых является критической, имеет высокий уровень опасности в Банке данных угроз безопасности информации ФСТЭК (BDU:2021-02749) и код для эксплуатации в открытых источниках.

3. Сбор информации о сотрудниках организации

На данном этапе анализа осуществляется сбор информации о компании и ее сотрудниках с использованием двух утилит, доступных к использованию в операционной системе (ОС) Kali Linux: theHarvester и sherlock.

theHarvester – это инструмент для сбора e-mail адресов, имён поддоменов, виртуальных хостов, открытых портов/банеров и имён работников из различных открытых источников.

Sherlock – это инструмент, который на множестве сайтов социальных сетей проверяет, зарегистрирован ли там пользователь с указанным именем, то есть имеется ли учётная запись с таким именем пользователя.

В результате работы первой утилиты были получены e-mail адреса и IP-адреса хостов организации (рис. 3).

```
[*] Emails found: 20
-----
buh6@tk-group.ru
buh@tk-group.ru
filial6@tk-group.ru
hr@tk-group.ru
info@tk-group.ru
mail@tk-group.ru
manager2@tk-group.ru
manager45@tk-group.ru
manager454@tk-group.ru
manager6@tk-group.ru
manager73@tk-group.ru
msk@tk-group.ru
rail@tk-group.ru
rybinsk@tk-group.ru
tver@tk-group.ru
x21info@tk-group.ru
x22manager6@tk-group.ru
x22rail@tk-group.ru
x22rybinsk@tk-group.ru
x22lial6@tk-group.ru

[*] Hosts found: 8
-----
krasnogorsk.tlk-group.ru:185.251.88.64
moskva.tlk-group.ru:185.251.88.64
sankt-peterburg.tlk-group.ru:185.251.88.64
solnechnogorsk.tlk-group.ru:185.251.88.64
v-novgorod.tlk-group.ru:185.251.88.64
www.tlk-group.ru:185.251.88.64
x22krasnogorsk.tlk-group.ru:185.251.88.64
yaroslavl.tlk-group.ru:185.251.88.64
```

Рис. 3. Собранные адреса и хосты

Полученные email-адреса принадлежат различным филиалам и их менеджерам. Найденные хосты отличаются только доменным именем, при этом ведут на головную страницу компании и имеют один и тот же IP-адрес, полученный ранее.

Далее, был осуществлен поиск по источнику LinkedIn с использованием VPN и продвинутых google-запросов, а также по сайтам российских социальных сетей. Такой поиск принес результаты. По его итогам можно сформировать список страниц сотрудников в различных социальных сетях. В процессе поиска не получилось найти информацию о наиболее интересующих нас сотрудниках IT или ИБ отделов, но была найдена страница менеджера головного филиала. По никнейму менеджера проведем сбор информации при помощи утилиты sherlock. Результат работы представлен на рис. 4. Полученные ссылки на социальные сети цели являются актуальными.

Таким образом, при помощи использования данных OSINT-утилит для поиска по открытым источникам были найдены почтовые адреса и

социальные сети сотрудников компании. Данная информация может быть полезна злоумышленнику для использования методов социальной инженерии.

```
kali@kali: ~  
└─$ aux | grep her  
root      51  0.0  0.0      0      0  7      Ic   11:12  0:00 [acpi_tsmal_pm]  
kali      947  0.0  0.4 312088 8464 7      Ssl  11:12  0:00 /usr/libexec/at-spi-bus-launcher  
kali      1838 0.0  1.7 392322 28444 7      Sl   11:12  0:00 /usr/lib/x86_64-linux-gnu/xfce4/panel/wrappers/2.0 /usr/lib/x86_64-  
linux-gnu/xfce4/panel/plugins/libactions.so.22 27262990 actions Action Buttons Log out, lock or other system actions  
kali      18562 0.0  0.1  6508 2368 pts/3  S+  11:48  0:00 grep --color-auto her  
  
kali@kali: ~  
└─$ sherlock venk_katte  
[*] Checking username venk_katte on:  
[[{"id":"0","ip":["0","0","0","0"]}] Etsy: https://www.etsy.com/shop/venk_katte  
[*] Fiverr: https://www.fiverr.com/venk_katte  
[*] G2G: https://www.g2g.com/venk_katte  
[*] Hoosz: https://hoosz.com/user/venk_katte  
[*] Lolchess: https://lolchess.gg/profile/na/venk_katte  
[*] Nitrotype: https://www.nitrotype.com/racer/venk_katte  
[*] Scribd: https://www.scribd.com/venk_katte  
[*] Spotify: https://open.spotify.com/user/venk_katte  
[*] Strava: https://www.strava.com/athletes/venk_katte  
[*] TikTok: https://tiktok.com/@venk_katte  
[*] Venmo: https://account.venmo.com/u/venk_katte  
[*] Virgool: https://virgool.io/@venk_katte  
[*] Wikidot: https://www.wikidot.com/user:info/venk_katte  
[*] mastodon.cloud: https://mastodon.cloud/@venk_katte  
  
[*] Search completed with 14 results  
  
kali@kali: ~
```

Рис. 4. Результат работы утилиты sherlock

4. Исследование «e-mail следов»

Для анализа электронных почтовых адресов компании можно использовать утилиту «eMailTrackerPro». Ее задача состоит в сканировании заголовков электронных писем для определения истинного происхождения отправителя (рис. 5).

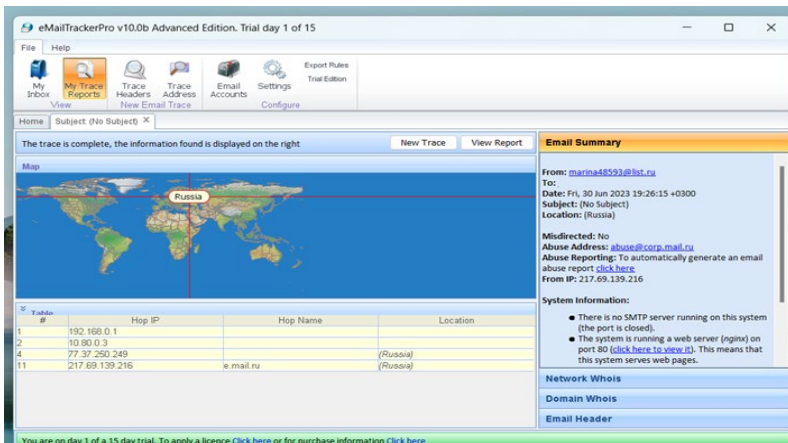


Рис. 5. Отчет eMailTrackerPro по заголовку

Получив спам-письмо от исследуемой компании, с помощью утилиты через служебный заголовок можно по сформированному отчету отследить IP-адрес и геолокацию отправителя, а также трассировку самого письма. Кроме того, с помощью утилиты можно найти информацию о сети, в которой находится e-mail адрес (рис. 6).

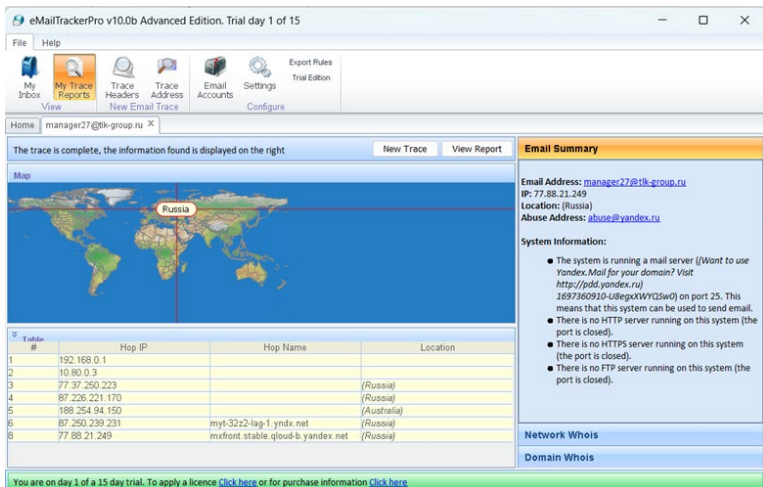


Рис. 6. Отчет eMailTrackerPro по e-mail адресу

Таким образом, в случае аналогичного использования данного программного продукта злоумышленниками, они получают возможность дальнейшего воздействия на организацию при помощи методов социальной инженерии или фишинга через почтовую переписку.

5. Сбор информации о DNS-данных

Сбор информации о DNS-данных можно производить на основе системной утилиты ОС Windows «nslookup». При ее помощи удалось определить:

- IP-адрес сайта организации;
- список CNAME записей для целевого домена;
- IP-адрес основного DNS-сервера (185.251.88.64).

Полученная информация, в частности, IP-адрес основного DNS-сервера, может быть использована злоумышленниками для реализации атак типа DoS, DDoS, перенаправление URL-адресов, что несет в себе угрозу для организации.

6. Исследование сети на уязвимости

Первостепенно при помощи открытого бесплатного онлайн-инструмента «ARIN» [9] может быть определен диапазон IP-адресов на основе IP-адреса, полученного ранее (185.251.88.64) (рис. 7).

"185.251.88.64"

Network: 185.251.88.0 - 185.251.91.255	
Source Registry	RIPE NCC
Net Range	185.251.88.0 - 185.251.91.255
CIDR	185.251.88.0/22
Name	RU-SPRINTHOST-RU-20180322
Handle	185.251.88.0 - 185.251.91.255
Parent	0.0.0.0 - 255.255.255.255
Net Type	ALLOCATED PA
Origin AS	not provided
Registration	Tue, 28 Dec 2021 09:44:04 GMT (Tue Dec 28 2021 local time)
Last Changed	Tue, 28 Dec 2021 09:44:04 GMT (Tue Dec 28 2021 local time)
Self	https://rdap.db.ripe.net/ip/185.251.88.64
Copyright	http://www.ripe.net/data-tools/support/documentation/terms
Port 43 Whois	whois.ripe.net

Рис. 7. Диапазон сети

Далее, при помощи утилиты `tracert`, встроенной в ОС Kali Linux, проводится трассировка сети организации (рис. 8).

```
root@kali: ~  
Usage: 29%  
File Actions Edit View Help  
root@kali: ~  
# tracert -i 185.251.88.64  
tracert to tlk-group.ru (185.251.88.64), 30 hops max, 60 byte packets  
1 192.168.0.1 (192.168.0.1) 1.368 ms 1.671 ms 1.630 ms  
2 10.80.0.3 (10.80.0.3) 3.488 ms 3.545 ms 3.250 ms  
3 192.168.126.212 (192.168.126.212) 3.072 ms 3.824 ms 3.165 ms  
4 * * *  
5 77.37.250.249 (77.37.250.249) 4.239 ms 3.872 ms 4.114 ms  
6 ae7-173-RT.MSK.RU.retn.net (87.245.255.149) 22.987 ms 6.044 ms 5.384 ms  
7 ae8-16-RT.MSK.RU.retn.ru (139.45.232.7) 14.760 ms 16.179 ms 15.679 ms  
8 139.45.232.170 (139.45.232.170) 15.034 ms 139.45.232.171 (139.45.232.171) 15.825 ms 139.45.232.173 (139.45.232.173) 15.502 ms  
9 * * *  
10 185.251.88.64 (185.251.88.64) 13.926 ms 14.833 ms 16.291 ms  
root@kali: ~
```

Рис. 8. Трассировка в ОС Kali Linux

В результате трассировки определяются все промежуточные IP-адреса, через которые проходят пакеты, отправленные на IP-адрес сайта организации. Эти данные могут быть полезны злоумышленнику для реализации атак типа DoS, DDoS, перенаправление URL-адресов и т.д., что является угрозой для компании.

Заключение

В данной работе показана возможность создания методики проведения аудита сетевой инфраструктуры организации, поиска и обнаружения уязвимостей с использованием программных инструментов, находящихся в открытом доступе. В результате проведенного анализа защищенности информационной инфраструктуры конкретной организации, приведенной в примере, можно сделать вывод, что комплексная защита ресурсов компании организована качественно, не считая уязвимостей в используемой версии nginx. Риски оцениваются как низкие.

Подобным образом можно проводить аудит и анализ защищенности информационной инфраструктуры любой организации. Данную методику можно использовать в деятельности отдела ИБ и проводить эту работу на регулярной основе для выявления постоянно возникающих угроз. Исполнителями процесса анализа могут выступать как штатные сотрудники отдела ИБ, так и организации, работающие на аутсорсе. В случае выявления уязвимостей, должны быть осуществлены меры по их устранению.

Список литературы

1. ООО «ТЛК-ГРУПП» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tlk-group.ru/>
2. HeadHunter [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://hh.ru/search/vacancy?ored_clusters=true&hhtmFrom=vacancy_search_list&hhtmFromLabel=vacancy_search_line&search_field=name&search_field=company_name&search_field=description&text=%D0%A2%D0%9B%D0%9A&enable_snippets=false&L_save_area=true
3. Rusprofile [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.rusprofile.ru/id/10683020>
4. Личный кабинет заказчика «ТЛК-ГРУПП» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://lk.tlk-group.ru/auth>
5. Личный кабинет перевозчика «ТЛК-ГРУПП» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.tlkrm.com/auth?request=%2F>
6. 2ip [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://2ip.ru/a/tlk-group.ru/>
7. Napalm FTP indexer [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.searchftps.net/>
8. Shodan [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.shodan.io/host/185.251.88.64>
9. ARIN [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://search.arin.net/rdap/?query=185.251.88.64>

Навигация погрузчиков в логистике с использованием мультиагентного обучения с подкреплением

Д. А. Денисова

В. В. Гаршина, email: garshina.veronika@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассмотрены и проанализированы алгоритмы мультиагентного обучения с подкреплением для навигации автономных погрузчиков в модели склада.*

***Ключевые слова:** мультиагентное обучение с подкреплением, автономные погрузчики, складская логистика.*

Введение

Методы обучения с подкреплением разрабатываются для использования в промышленности, поскольку они показывают высокую эффективность при использовании в сложных и изменяющихся условиях [1]. В настоящее время перемещение и хранение товаров зачастую осуществляется крупными компаниями на значительных по площади складах — будь то компании, управляющие розничными торговыми сетями, или же электронные торговые площадки. Для оптимального использования пространства пространство может быть реорганизовано с помощью автоматических вертикальных складов, для упаковки используются автоматические укладчики, для доставки грузов внутри помещения применяются автоматические вилочные погрузчики и т. д. Кроме того, некоторые виды продукции могут храниться только в определенном диапазоне температур или относительном уровне влажности, нарушение которых может привести к порче товаров (например, склады электронных компонентов). В таких условиях особенно важна эффективность решений, принимаемых в ходе рабочего процесса; среди возможных проблем — простой оборудования, возникновение задержек или инцидентов, и, как следствие, снижение качества обслуживания клиентов.

Одной из базовых задач, которые требуется решить для эффективного использования на складах автономных погрузчиков, является навигация роботов, под которой в данном контексте имеется в виду планирование оптимального маршрута и избегание столкновений с препятствиями. Классические алгоритмы маршрутизации, такие, как семейство алгоритмов A^* , подходы на основе прогнозирования и

разрешения конфликтов, а также планирование с приоритетами могут быть расширены на многоагентные системы и предоставлять субоптимальные решения [2]. Тем не менее, они предполагают, что вся информация о среде заранее известна, и обладают низкой адаптивностью, что усложняет масштабируемость системы. В динамических условиях логистики роботы, обладающие сенсорами, должны незамедлительно реагировать на возникающие ситуации; также важны вопросы безопасности при взаимодействии с работниками-людьми.

Для разработки алгоритмов многоагентного планирования маршрутов в частично наблюдаемых средах ([1], [3], [5]) необходимо построение моделей с определенными упрощениями и ограничениями; рассмотрим подходы, которые могут быть использованы для этого.

1. Q-learning

В качестве простейшей начальной модели можно рассмотреть применение базового Q-learning: в соответствии с целью, агенты должны получать вознаграждение за успешную доставку груза, штраф за столкновение с препятствием, и избегать коллизий друг с другом и с людьми.

Для использования Q-таблиц необходимо разбить процесс обучения на три этапа: в первом агент только исследует фиксированное пространство склада, получая отрицательную награду за столкновения с препятствиями; во втором агенты учатся возвращаться к пункту выдачи из любого места на карте склада, и на финальном этапе для ускорения обучения результаты обучения передаются всем агентам (transfer learning, принцип переноса обучения), после чего роботы одновременно последовательно подбирают грузы и избегая коллизий, перевозят их к пункту выдачи, где получают новое задание.

В качестве основы была использована модель из git-репозитория со свободной лицензией Multi-Agent Path Planning and Collision Avoidance in Warehouse System [3].

Первый этап: агент, достигший цели, получает 50 очков награды, если он сталкивается с препятствиями - штраф 50 очков. Значения q-таблиц, соответствующие изученной в результате 3000 итераций карте склада, сохраняются в текстовом файле (рис. 1).

Второй этап: робот помещается в случайное открытое место на карте; задача — попасть в пункт доставки за минимальное количество шагов. Полученные значения также сохраняются в текстовом файле.

Третий этап: агенты получают знания, используя transfer learning. Данный принцип позволяет значительно сократить время обучения, что демонстрируют соответствующие графики (рис. 2).

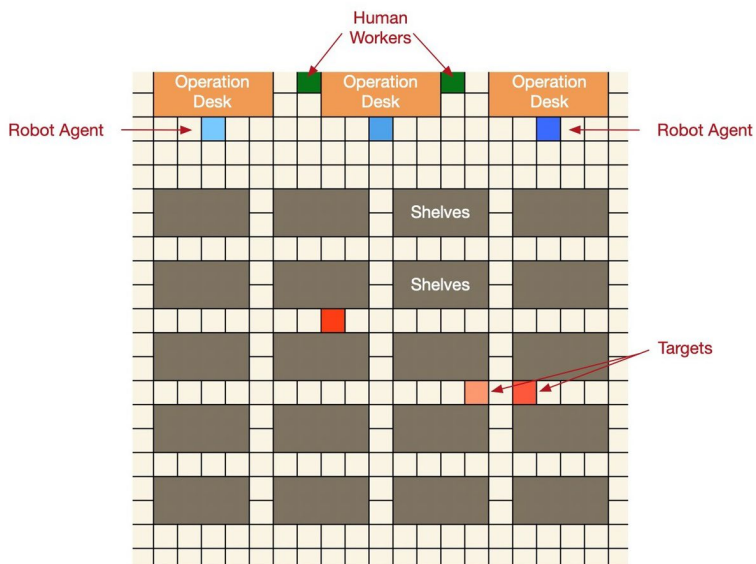
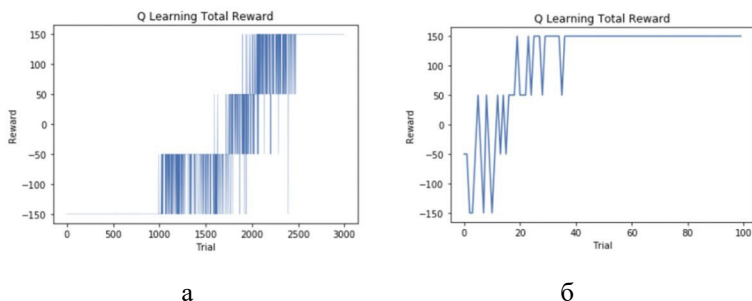


Рис. 1. Схема исследуемой модели склада [3]



а – без transfer learning, б – с использованием transfer learning

Рис. 2. Значения суммарного вознаграждения модели

Такой подход обеспечивает масштабируемость: при добавлении в систему новых агентов не нужно снова проводить обучение. Механизм избегания коллизий варьируется в зависимости от типа препятствия. При обнаружении сближения с работником-человеком робот останавливается и ждет в течение 5 с, пока человек пройдет, затем возобновляет свой путь; если временное препятствие остается на месте, то робот делает шаг назад (или, если там тоже препятствие, в

направлении, где его нет) и возобновляет планирование маршрута. При сближении с другим роботом, оба останавливаются; рассчитывается расстояние городских кварталов обоих роботов до целей, и тот, у кого расстояние больше, пропускает того, у кого расстояние меньше. Выбрано именно расстояние городских кварталов (метрика L1), поскольку в данной модели оно соответствует количеству шагов робота (при движении в 4 направлениях — вверх, вниз, вправо, влево).

Тем не менее, такая модель обладает очевидными ограничениями: суммарная награда неизменна; учитывается только передвижение; так как вознаграждение является разреженным (полезность действий во всех состояниях, ведущих к цели, кроме непосредственно предшествующего ему, будет равна нулю), то обучение будет очень медленным. Будет необходимо провести большое количество исследований, чтобы распространить ненулевые значения на все пространство [4].

2. SOTA модель

Для исследования более сложных сценариев ведется разработка расширенных моделей; в качестве state-of-the-art примера можно привести модель multi-robot warehouse RWARE [5] (рис. 3):

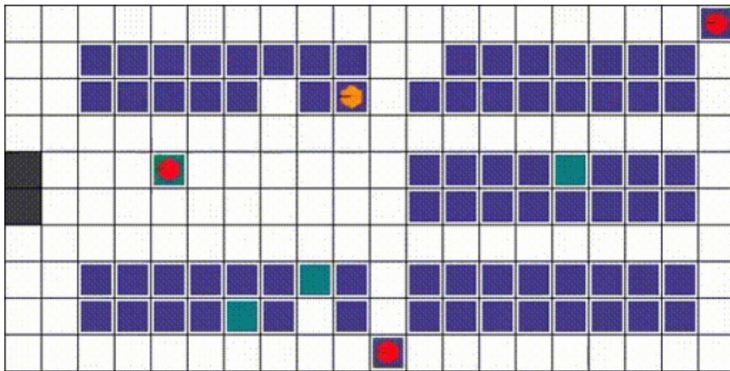


Рис. 3. Модель склада RWARE

В данной модели, распространяемой по свободной лицензии и включенной во многие активные бенчмарки разработки алгоритмов поведения агентов, в качестве параметров задаются размер модели, количество агентов, настройки коммуникации и вознаграждения (индивидуальное/коллективное); среда обладает свойством частичной наблюдаемости, вознаграждение также разреженное, поскольку агенты получают награду только после успешной доставки груза.

Эта модель была разработана в ходе исследования алгоритма SEAC [6] (Shared Experience Actor-Critic for Multi-Agent Reinforcement Learning, актор-критик с общим опытом для мультиагентного обучения с подкреплением) — подход, имеющий в основе ту же идею обмена опытом, что и предыдущий пример, — где каждый агент может иметь свою функцию вознаграждения, но алгоритм обновляет параметры актора и критика, сочетая градиенты опыта агента с взвешенными градиентами опыта других агентов.

В результате экспериментов в указанной модели было установлено превосходство рассмотренного алгоритма по сравнению с независимым актором-критиком (IAC), где каждый агент обучается независимо, и подходом актора-критика с общей сетью (SNAC), где одна единая стратегия распространяется среди всех агентов (рис.4):

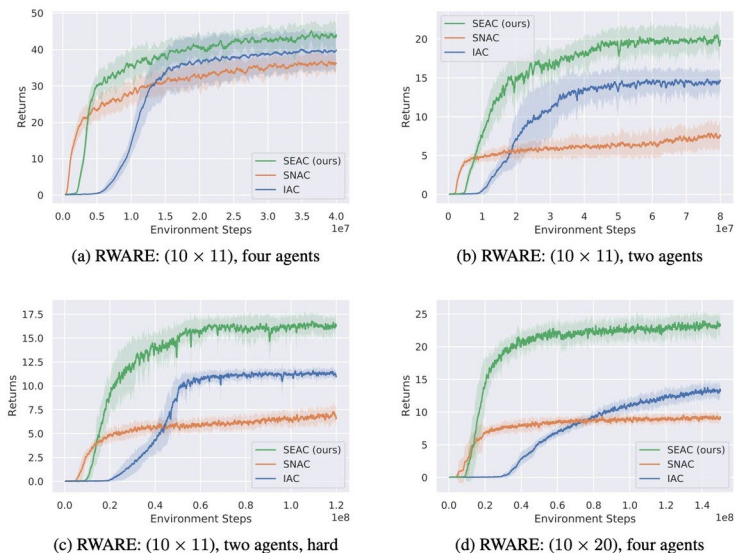


Рис. 4. Усредненный результат в порядке от простых к сложным задачам [6]

Для самых простых задач различие не слишком велико, но чем больше растет разреженность вознаграждения, тем очевиднее становится преимущество использованного подхода — до 60-70%.

3. Обзор и анализ современных алгоритмов

В быстро растущей области исследований регулярно появляются новые подходы, которые зачастую объединяет применение общих идей, но использование различных сред, задач и критериев делают сравнение их сложной задачей. Были предприняты попытки обобщения основных типов алгоритмов ([7], [8], [9]) и объединения их в единую систему для исследования и применения, с целью обмена и расширения подходов. На основе обзоров на сегодняшний день можно выделить три класса алгоритмов:

5. Независимое обучение (Independent Learning) — каждый агент обучается независимо, остальные агенты — часть среды:

- IQL (Independent Q-Learning (IQL)) — независимое Q-обучение; децентрализованная value функция на основе механизма “состояние-действие”, у каждого агента — локальная история наблюдений.

- IA2C (Independent synchronous Advantage Actor-Critic (IA2C)) — метод независимого синхронного A2C; вариант актора-критика для децентрализованного мультиагентного обучения. У каждого агента свой актор для аппроксимации политики и локальная история наблюдений.

- IPPO (Independent Proximal Policy Optimization (IPPO)) — метод независимой приближенной оптимизации политики; PPO реализует применение стохастического градиента для обновления политики агента в направлении, улучшающим ожидаемое вознаграждение, и стабилизирует обучение для децентрализованной мультиагентной системы.

6. Централизованное планирование с децентрализованным выполнением (CTDE) — позволяет осуществлять обмен данными во время обучения, но политики основываются на локальных наблюдениях агентов:

- MADDPG (Multi-Agent Deep Deterministic Policy Gradient) — сочетает в себе элементы Q-обучения (оценки функции полезности) и метода актер-критик (Actor-Critic). Актор изменяет policy в соответствии с локальными наблюдениями, критик обучается на объединенных данных.

- COMA (Counterfactual Multi-Agent (COMA) Policy Gradient) — модифицирует расчет преимущества (advantage) при вычислении функции потерь актора.

- MAA2C (Multi-Agent A2C (MAA2C)) — A2C-агент с централизованным критиком. Часто используется как baseline в исследованиях мультиагентного обучения с подкреплением и иногда обозначается как Central-V, поскольку он вычисляет функцию значения централизованного состояния.

– MAPPO (Multi-Agent PPO (MAPPO)) — использует тот же подход, что и МАА2С, но на основе метода PPO.

7. Декомпозиция значений (Value Decomposition):

– VDN: Value Decomposition Networks (VDN) — линейная декомпозиция объединенного Q-значения, рассчитываемое с помощью стандартного DQN алгоритма, для индивидуальных значений “состояние-действие”.

– QMIX — расширение подхода VDN на большее число сред с помощью модификации подсчета объединенного Q-значения с дополнительными параметрами.

Для анализа алгоритмов была использована кодовая база с открытым доступом EPyMARRL: <https://github.com/uoe-agents/epymarl> на основе ранее представленной PyMARRL: <https://github.com/oxwhirl/pymarl>.

Анализируя результаты [8] применения вышеперечисленных алгоритмов в RWARE, можно сделать следующие выводы:

– Independent Learning не показывает высокой эффективности в моделях с частичной наблюдаемостью из-за отсутствия обмена данными во время процесса обучения.

– Лучший результат среди методов CTDE показал MAPPO. Его основное преимущество — модификация оптимизации on-policy.

– Методы Value Decomposition в RWARE показали себя неэффективными из-за разряженного вознаграждения, которое не позволяет произвести эффективную декомпозицию объединенного Q-значения для отдельных агентов.

Заключение

Были рассмотрены подходы к разработке моделей для исследования алгоритмов передвижения автоматических погрузчиков в упрощенных моделях складов, сравнены классы используемых алгоритмов, а также проанализирована эффективность различных подходов для модели склада с частичной наблюдаемостью.

В последнее время контроль над группами автоматически управляемых транспортных средств активно исследуется на заводах и в логистике. Тем не менее, большинство разрабатываемых моделей пока не включает в себя такие важные для реальных задач детали рабочего процесса, как одновременное назначение каждому погрузчику нескольких задач, его способность перевозить сразу несколько грузов за один раз, время, затрачиваемое на саму погрузку или выгрузку продукции, а также возможности кооперации роботов для оптимизации процесса [8].

Для применения многоагентного обучения с подкреплением в производственных задачах требуется задачи со сложными сценариями, учитывающими динамическое изменение среды; работа над созданием и разработкой соответствующих алгоритмов активно ведется многими исследователями ([9], [10], [11]), и за последние годы были достигнуты значительные результаты по внедрению разработок в реальные цепи логистики — склады крупных маркетплейсов (Alibaba, Amazon), управление разгрузкой контейнеров в морских портах ([12]) и т.д.

Список литературы

1. Денисова, Д. А. Обзор методов обучения с подкреплением для решения бизнес-задач на основе имитационного моделирования / Д. А. Денисова, В. В. Гаршина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2023. – Выпуск 3. – С. 346-353.
2. Bellusci, M. State of the art on: Multi agent path finding, 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.honours-programme.deib.polimi.it/2018-2/Deliverable1/CSE_BELLUSCI_PP.pdf
3. Multi-Agent Path Planning and Collision Avoidance in Warehouse System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/LyapunovJingci/Warehouse_Robot_Path_Planning
4. Кохендерфер, М. Алгоритмы принятия решений / М. Кохендерфер, Т. Уилер, К. Рэй; пер. с англ. В. С. Яценкова. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 684 с.
5. RWARE: A multi-agent reinforcement learning environment [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/semitable/robotic-warehouse>
6. Christianos, F, Rahman, A, Albrecht, S.V. Shared experience actor-critic for multi-agent reinforcement learning. Advances in Neural Information Processing Systems, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2006.07169>
7. Papoudakis, G, Christianos, F, Rahman, A, Albrecht, S.V. Dealing with Non-Stationarity in Multi-Agent Deep Reinforcement Learning, arXiv preprint arXiv:1906.04737 (2019)
8. Benchmarking Multi-Agent Deep Reinforcement Learning Algorithms in Cooperative Tasks / Papoudakis, G, Christianos, F, Rahman, A, Albrecht, S.V. // Proceedings of the Neural Information Processing Systems Track on Datasets and Benchmarks (NeurIPS), – 2021.
9. MARLlib: A Scalable and Efficient Multi-agent Reinforcement Learning Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marllib.readthedocs.io/en/latest/>
10. Скрынник, А. А. Исследование и разработка методов обучения с подкреплением для задач навигации в визуальных и клеточных средах

/ А. А. Скрынник // Семинар Института проблем искусственного интеллекта – Москва, 25 сентября 2023 г. – 2023.

11. Which MAPF Model Works Best for Automated Warehousing? / Varambally, Sumanth, Jiaoyang Li, Sven Koenig // International Symposium on Combinatorial Search, 2022, – Vol. 15. No. 1. – P. 190-198.

12. Container port truck dispatching optimization using Real2Sim based deep reinforcement learning / Jiahuan Jin, Tianxiang Cui, Ruibin Bai, Rong Qu // European Journal of Operational Research. – 2023. – <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.11.038>.

Научный базис в задачах исследования требований и обеспечения интероперабельности информационно-управляющих систем с учетом информационной безопасности

В. А. Дроговоз, email: vdrog@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской Академии Наук

***Аннотация.** Рассмотрены программные инструменты исследования интероперабельности и предложены рекомендации по обеспечению интероперабельности информационно-управляющих систем. Сформулированы рекомендации по научному базису для обеспечения интероперабельности, в том числе с учетом информационной безопасности.*

***Ключевые слова:** Интероперабельность, совместимость, требования по интероперабельности, локализация барьеров, показатели интероперабельности, информационная безопасность, открытые системы.*

Введение

Одной из основных особенностей развития и применения информационно-телекоммуникационных технологий является формирование гетерогенной среды, т.е. среды состоящей из разнородных информационных систем различного назначения и автоматизированных систем. Для такой среды появляется проблема взаимодействия между разнородными компонентами, получившая собственное название «проблема интероперабельности». Параллельно с развитием процессов цифровой трансформации развиваются и технологии информационной безопасности, направленные на соблюдение законодательства как Российской Федерации, так и международного права.

Согласно определениям, ГОСТ Р 55062-2021 [1], ISO/IEC/IEEE 24765:2010 [2] интероперабельность – это способность двух или более информационных систем (ИС) или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена. В ГОСТ Р 59853-2021 [3] аналогичное определение дано в отношении автоматизированных систем, одной из разновидностей которых являются автоматизированные системы управления (АСУ).

1. Развитие категории интероперабельности информационно-управляющих систем

В работах [4, 5] был проведен анализ развития категории интероперабельности для АСУ и ИС (далее - ИУС) широкого класса в связи с процессами цифровой трансформации общества и государства.

Тенденции развития гетерогенной среды диктуют необходимость задания и обеспечения интероперабельности как комплексной характеристики функциональной совместимости подсистем и элементов ИУС, которую целесообразно задавать на архитектурном уровне (организационная, семантическая, техническая интероперабельность). Основные нормативно-технические документы, регламентирующие категории интероперабельности представлены в табл. 1.

Таблица 1

Документы, регламентирующие категории интероперабельности

Наименование документа	Онтология категории интероперабельности
ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015	Интероперабельность как одна из характеристик качества систем и программных продуктов в системной и программной инженерии
ГОСТ Р 55062-2021	Представлена методика достижения интероперабельности для ИС широкого класса
ГОСТ Р 34.602-2020, ГОСТ Р 59853-2021	Прикладные стандарты, содержащие возможность задавать требования по интероперабельности для АС
ГОСТ Р 70569-2022	Методика обеспечения интероперабельности для сетевых информационных управляющих систем
ГОСТ Р 59797 - 2021	Методика обеспечения интероперабельности для сложных систем

Блок-схема методики обеспечения интероперабельности для ИС широкого класса согласно ГОСТ Р 55062-2021 [1] представлена на рис. 1.

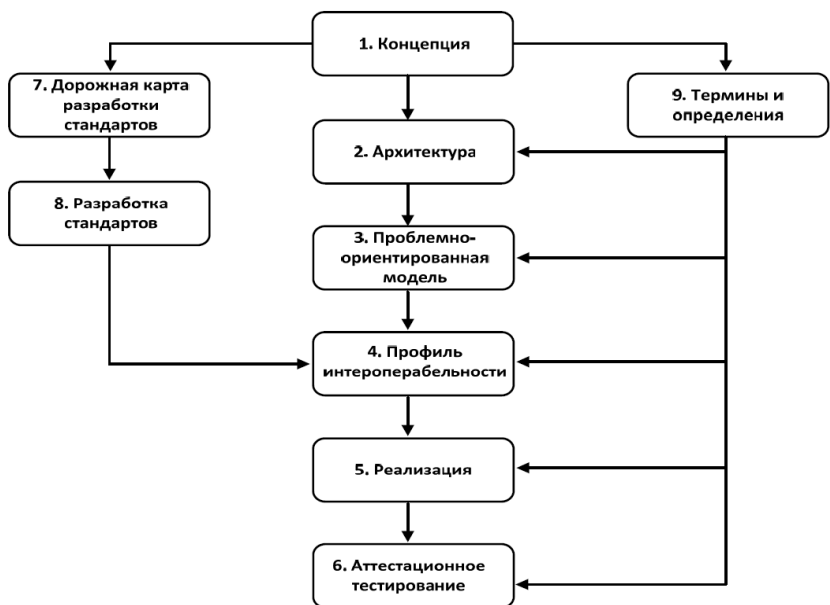


Рис. 1. Методика обеспечения интероперабельности для информационных систем широкого класса

Согласно ГОСТ Р 55062-2021 интероперабельность считается обеспеченной, если преодолены значимые барьеры, располагающиеся на трех уровнях эталонной модели (технический, семантический, организационный).

2. Методические подходы по формированию требований и обеспечению интероперабельности для гетерогенных ИУС

Анализ документов из табл. 1 показал, что не проработан механизм формулирования требований к интероперабельности, а методика обеспечения интероперабельности носит рамочный, обобщенный характер. Поэтому задача совершенствования процесса обеспечения интероперабельности ИУС широкого класса, включающая системный подход по выработке требований к интероперабельности при создании или модернизации, является актуальной научно-методической задачей.

К основным подходам по заданию требований и обеспечению интероперабельности ИУС широкого класса относятся следующие:

- расширение целеполагания ИУС с включением требований по интероперабельности в техническое задание (ТЗ) на создание или модернизацию изделий;
- выработка единого подхода к заданию требований по интероперабельности;
- создание алгоритма локализации барьеров интероперабельности для создаваемой (модернизируемой) ИУС;
- нормирование (количественная оценка) показателя интероперабельности, характеризующего состояние интероперабельности ИУС;
- исследование и оптимизация требований по интероперабельности ИУС
- разработка метода выбора рациональной технологии достижения интероперабельности;
- рекомендации по использованию подходов функциональной стандартизации и технологий открытых систем как наиболее рациональной технологии для обеспечения интероперабельности;
- рекомендации по использованию технологий искусственного интеллекта для обеспечения интероперабельности;
- рекомендации по обеспечению интероперабельности для подсистем ИУС, использующих технологии искусственного интеллекта (ИИ);
- минимизация рисков снижения интероперабельности исходя из требований информационной безопасности;
- разработка типовых программ и методик для проведения испытаний в части интероперабельности;
- создание методических материалов и указаний по конструированию в части задания требований и обеспечения интероперабельности ИУС на всех этапах жизненного цикла изделий.

3. Численное моделирование в задачах исследования, формирования требований и мониторинга характеристики интероперабельности

Согласно ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models (IDT) интероперабельность является одним из показателей модели качества программного обеспечения, наряду с совместимостью и сосуществованием. Таким образом, программный инструментарий для численной оценки показателя интероперабельности будет необходим разработчикам как для формирования требований в ТЗ, так и для проверки интероперабельности как одного из слагаемых модели качества.

В аналитическом обзоре [6] рассмотрены основные международные модели, а также отечественный подход к обеспечению интероперабельности. Анализ иностранных публикаций [7] показывает, что существует большое число качественных моделей оценки интероперабельности (LISI, SCOPE, фреймворк DODAF и т.п.), но методов количественной оценки интероперабельности систем значительно меньше [8-13]. В работах [8, 10] помимо метода количественной оценки показателя интероперабельности предлагается алгоритм оптимизации барьеров и оценки разнообразия компонентов исследуемых систем. Уязвимостью данного подхода является оператор-зависимый (субъективный) метод оценки барьеров и трудоемкий (неавтоматизированный) процесс построения графа и матриц.

Объединяя в программном обеспечении отечественный подход по декомпозиции интероперабельности по трем уровням (организационный, семантический, технический) эталонной модели согласно ГОСТ Р 55062-2021 [1] и методы [8, 10] представляется возможным провести оценку показателя интероперабельности на каждом из трех уровней для дальнейшей оптимизации и внесения этого показателя в техническое задание.

Для оценки интероперабельности применительно к ИУС широкого класса целесообразно использовать алгоритм, представленный на рис. 2.

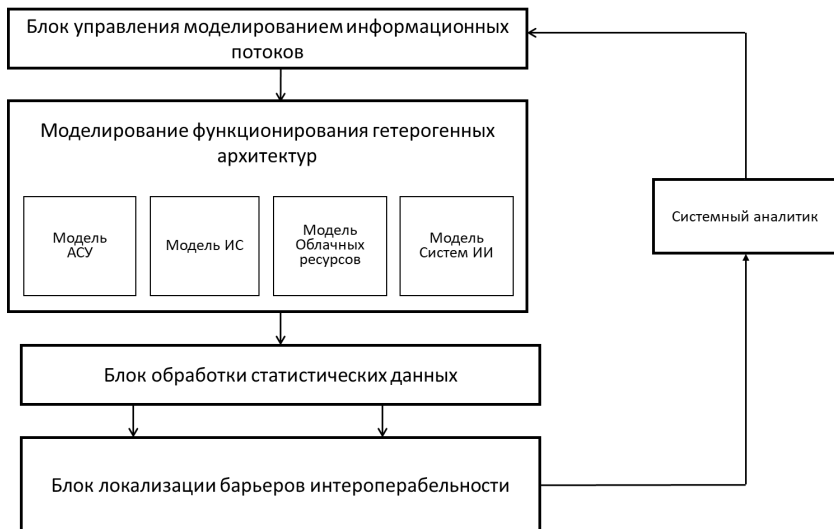


Рис. 2. Алгоритм исследования и выявления барьеров интероперабельности в гетерогенной среде ИУС

На рис. 3 представлены составные части блока локализации барьеров интероперабельности.

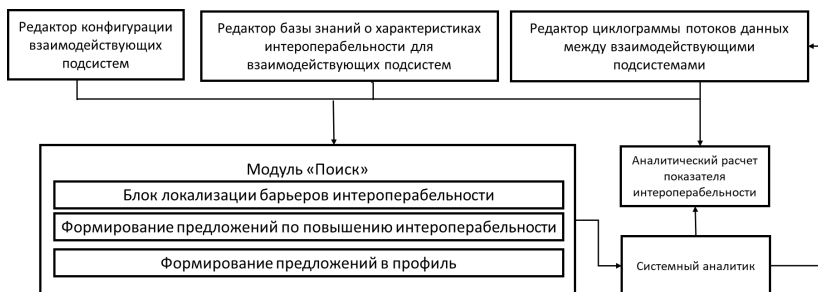


Рис. 3. Алгоритм исследования и выявления барьеров интероперабельности в гетерогенной среде ИУС

Системный аналитик по результатам выявления барьеров интероперабельности с использованием прототипа классификатора рекомендаций по преодолению барьеров интероперабельности вводит уточнение параметров моделирования и запускает очередной сеанс имитационного моделирования по алгоритму, представленному на рис. 2.

Показатель интероперабельности варьируется в диапазоне $[0...1]$ для каждого из уровней интероперабельности и чем выше показатель, тем свойство интероперабельности выше для рассматриваемого уровня. В рамках данного подхода показатель позволяет оценить качество взаимодействия между подсистемами и провести оптимизацию способов взаимодействия с дальнейшим переносом показателя в требования интероперабельности для ТЗ изделия.

4. Научно-методический базис, используемый на различных этапах обеспечения интероперабельности

В табл. 2 представлены основные элементы научного базиса, используемые при решении задач обеспечения интероперабельности.

*Элементы научного базиса, используемые в задачах
интероперабельности*

Научный базис	Что позволяет исследовать (создавать)
Теория массового обслуживания, системы массового обслуживания	Обобщенную математическую модель интероперабельности ИС широкого класса. Для платформы интероперабельности рассчитать количество каналов обслуживания, вероятность немедленного обслуживания заявки и т.д.
Теория графов и матричных вычислений	Граф-ориентированную модель для расчета численного коэффициента интероперабельности по циклограмме управления. Количественный показатель интероперабельности для каждого из уровней (технический, организационный, семантический)
Теория экспертных систем (частный случай технологий ИИ)	Модель интероперабельности в виде программной платформы, использующая алгоритмы экспертных систем. Исследовать процессы интероперабельности при помощи программного обеспечения на основе вводимых экспертных правил
Теория нечетких логических вычислений (частный случай технологий ИИ)	Интеллектуализировать процесс выбора требований по совместимости и интероперабельности для ИУС. Оптимизировать требования по интероперабельности. Процесс выбора технологии обеспечения интероперабельности. Создать нейро-нечеткую модель выбора требований и документов в профиль интероперабельности в условиях неполной информации.
Функциональная стандартизация	Оптимизировать применение технологии открытых систем для обеспечения интероперабельности и информационной безопасности. Технологии ИИ в обеспечении интероперабельности .
Теория рисков	Оптимизировать риски снижения интероперабельности из-за учета требований по информационной безопасности.

5. Методические рекомендации по минимизации рисков снижения уровня интероперабельности в условиях информационной безопасности

При создании требований по интероперабельности как для новых, так и для модернизируемых ИУС, необходимо минимизировать вероятность конфликта требований интероперабельности и информационной безопасности.

На этапе предпроектных исследований этапа НИР и создания технического задания целесообразно использовать как программу поиска и локализации барьеров, так и аппараты нечетких логических вычислений и логических правил для поиска оптимальных и не противоречащих друг другу требований по интероперабельности и информационной безопасности.

Для сложных ИУС, которые являются системой систем с высокими требованиями по интероперабельности и информационной безопасности, целесообразно в части интероперабельности применить положения ГОСТ Р 59797-2021 [14]. Оптимальным решением может стать применение технологий функциональной стандартизации, а именно применения технологий открытых систем с созданием документа «профиль интероперабельности». Нормативные документы, располагающиеся в профиле интероперабельности должны быть упорядочены по уровням проблемно-ориентированной модели, которую целесообразно дополнить уровнем «информационная безопасность».

Оптимальным будет такой набор нормативных документов, который позволит с одной стороны построить ИУС на основе технологий открытых систем (общепринятых международных и отечественных ГОСТ), одновременно выполнив требования ГОСТ и Заказчика в части информационной безопасности.

Заключение

Требования по интероперабельности в большей степени относятся к архитектуре гетерогенной среды или к изделиям, запланированным к включению в единое информационное пространство различного ведомственного подчинения и уровня. Для изделий с установленной схемой деления по ГОСТ Р 2.711-2019 [15] целесообразно, в первую очередь, задавать требования по многоаспектной совместимости.

При формулировании требований по интероперабельности необходимо учитывать положения и требования информационной безопасности, которые вероятно могут понизить показатель интероперабельности ИУС в целом.

Обеспечение интероперабельности как одного из свойств качества систем и программных продуктов согласно

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 [16] достигается пошаговым выполнением методики интероперабельности на всем жизненном цикле изделия с одновременным выполнением требования ТЗ по показателю интероперабельности (т.е. фактически минимизация количества барьеров в условиях физических и материальных ограничений на всем жизненном цикле создаваемого изделия).

Список литературы

1. ГОСТ Р 55062-2021. Информационные технологии. Интероперабельность. Основные положения [Текст]. – Введ. 2022-04-30. – М.: ФГБУ «РСТ», 2021. – IV, 7 с.: ил.
2. ISO/IEC/IEEE 24765:2010 Systems and software engineering — Vocabulary [Электронный ресурс]. Словарь. – Режим доступа : <https://www.cse.msu.edu/~cse435/Handouts/Standards/IEEE24765.pdf>
3. ГОСТ Р 59853-2021 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2022-01-01. – М.: ФГБУ «РСТ», 2021. – III, 11 с.: ил.
4. Михневич, С.Ю. Эволюция понятия интероперабельности открытых информационных систем / С.Ю. Михневич, А.А. Тежар // Цифровая трансформация. – Минск, 2023. – Т.29(2) – С. 60-66. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-2-60-66>
5. Козлов, С. В. Эволюция требований по комплексированию функциональных подсистем АСУ: совместимость, интероперабельность, интеграция / С.В. Козлов // Материалы 7-й Международной межведомственной научно-практической конференции научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – Москва, 2022. – Т. 1. – С. 291–296.
6. Макаренко, С.И. Модели интероперабельности информационных систем / С.И. Макаренко, А.Я. Олейников, Т.Е. Черницкая // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – №4. – С. 215-245.
7. Jabin, Joseph & Dimyadi, Johannes & Amor, Robert. (2019). Systematic literature review on interoperability measurement models. [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/332929374_Systematic_literature_review_on_interoperability_measurement_models
8. Ford, Thomas & Colombi, John & Jacques, David & Graham, Scott. (2009). A General Method of Measuring Interoperability and Describing Its Impact on Operational Effectiveness. The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology. 6. - pp 17-32. [Электронный ресурс] – Режим доступа :

https://www.researchgate.net/publication/249841408_A_General_Method_of_Measuring_Interoperability_and_Describing_Its_Impact_on_Operational_Effectiveness

9. Ford, Thomas. (2008). Interoperability Measurement. [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/235208208_Interoperability_Measurement

10. Ford, Thomas & Colombi, John & Graham, Scott & Jacques, David. (2008). Measuring System Interoperability (An i-Score Improvement). [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/242487006_Measuring_System_Interoperability_An_i-Score_Improvement

11. Баговрин, В. К. Способ количественной оценки интероперабельности / В.К. Баговрин, А.С. Королев // Информационные технологии и вычислительные системы. – Москва, 2009. – № 5. – С. 91-96.

12. Гришенцев, А.Ю. Метод численной оценки технической интероперабельности. / А.Ю. Гришенцев, А.Г. Коробейников, К.В. Дукельский // Кибернетика и программирование. – 2017. – №3. – С.23-38.

13. Рейнгольд, Л.А. Семантическая интероперабельность в решении финансовых задач и способы ее измерения / Л.А. Рейнгольд, А.И. Волков, А.Н. Копайгородский // Прикладная информатика – 2016. – №4(64).

14. ГОСТ Р 59797-2021 Информационные технологии. Сложные системы. Интероперабельность. Основные положения [Текст]. – Введ. 2022-04-30. – М.:ФГБУ «РСТ»,2021. – IV, 11 с.:ил.

15. ГОСТ Р 2.711-2019 Единая система конструкторской документации. Схема деления изделия на составные части [Текст]. – Введ. 2020-02-01. – М.:Стандартинформ, 2019. – II, 9 с.:ил

16. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов [Текст]. – Введ. 2016-06-01. – М.:Стандартинформ, 2015. – VI, 29 с.:ил.

Разработка математического и программного обеспечения для автоматизации распознавания типа тары по фотографическим изображениям

М. А. Дрюченко, email: m_dryuchenko@mail.ru
Н. В. Дешин, email: nvdeshin@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе рассматривается комплекс взаимодополняющих алгоритмов для визуального распознавания типа тары по фотографическим изображениям, формируемым в приемной камере фандоматов. Алгоритмы реализуют извлечение и распознавание полезной для классификации типа тары информации – данных штрихкодов, маркеров кодов переработки, текстовой информации, содержащейся на этикетке.*

***Ключевые слова:** обработка цифровых изображений, компьютерное зрение, системы оптического распознавания символов, машинное обучение.*

Введение

Широкое распространение камер и средств оцифровки привело к развитию и популяризации методов распознавания объектов на изображениях. Современные системы оптического распознавания буквенно-цифровых символов (OCR-системы) позволяют эффективно распознавать текстовую информацию на изображениях со сложным фоном и текстом, записанным с использованием различных шрифтов. Системы считывания штрихкодов позволяют считывать и декодировать данные штрихкодов, полученные в условиях их низкой освещенности и проективных искажений. Подобные системы могут найти применение в области вторичной переработки сырья, позволяя распознавать информацию с упаковок товаров, включая определение типа материала, из которого изготовлена тара, для автоматизации принятия решений о возможности ее переработки.

В данной работе рассматриваются алгоритмы, которые были реализованы в рамках пилотного варианта программного модуля, реализующего комплекс взаимодополняющих процедур для визуального распознавания типа тары по фотографическим изображениям, формируемым в приемной камере фандомата.

1. Схема обработки изображений объектов вторичного сырья

Обобщенная схема обработки изображений объектов вторичного сырья при распознавании типа материала, из которого они изготовлены, представлена на рисунке 1. Схема предполагает последовательное выполнение трех вариантов алгоритмов идентификации типа тары, основанных на:

- 1) распознавании и извлечении информации из полосок штрихкодов;
- 2) распознавании и анализе маркировки кодов переработки;
- 3) использовании статистических и обучаемых (в том числе на основе глубоких нейронных сетей) алгоритмов анализа формы и внешнего вида тары.

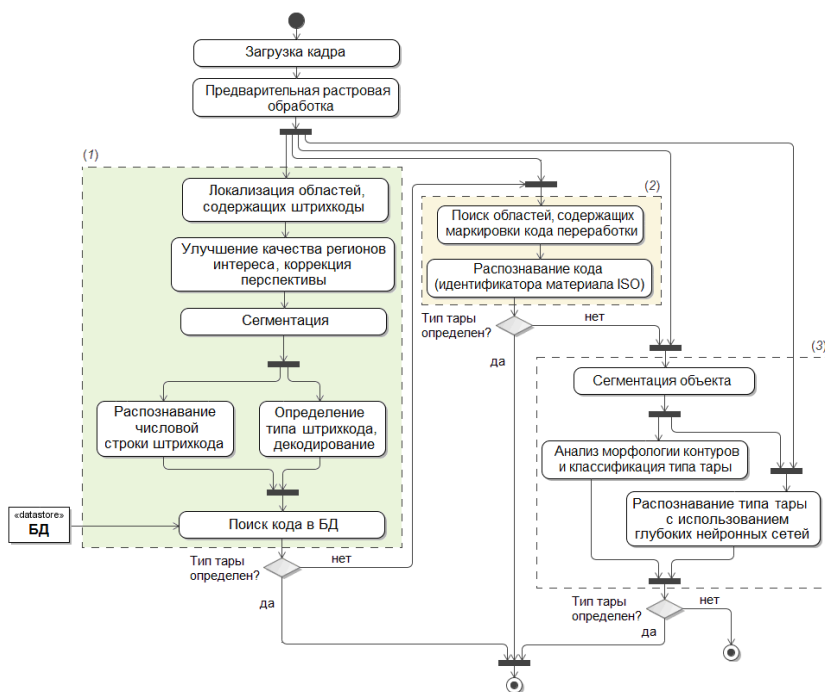


Рис. 1. Общая схема обработки изображения при распознавании материалов вторичного сырья

Далее рассмотрим подробнее основные этапы работы алгоритмов.

2. Предварительная растровая обработка

Предварительная обработка изображений – процесс улучшения качества изображения, ставящий целью получение на основе оригинала максимально точного и адаптированного для автоматического анализа изображения. Предварительная обработка включает компенсацию естественных шумов фильтром Гаусса с малым значением СКО, а также нормализацию яркости, позволяющую исключить влияние активного фона (подсветки приемной камеры фандомата). Нормализация яркости реализуется путем последовательного применения к кадру операции изоляции темных регионов [1] M_{bhat} с прямоугольным структурообразующим элементом с заданным радиусом и заданным числом итераций (по умолчанию $r = 15, n_{iter} = 3$) и инверсии $J = [255 - M_{bhat}(I, r, n_{iter})]$. Пример нормализации изображения приведен на рисунке 2.

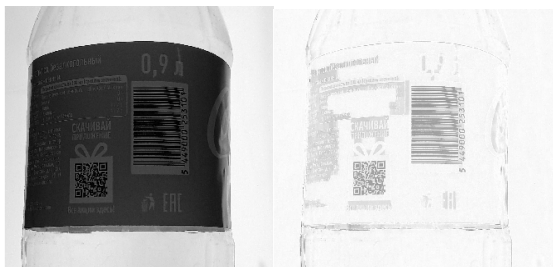


Рис. 2. Пример нормализация яркости изображений с использованием морфологической операции изоляции темных регионов

Для дополнительного улучшения качества выделенных малоразмерных фрагментов кадра, например, содержащих локализованные штрихкоды, можно применять фильтры анизотропной диффузии [2] и быстрые алгоритмы фильтрации нелокального среднего [3], которые входят в число лучших методов компенсации шумов и позволяют эффективно подавлять аддитивные шумы без размытия и искажения фактических границ представленных на кадре объектов.

3. Локализация и распознавание изображений штрихкодов

Текущий вариант алгоритма поиска и локализации областей кадра, потенциально содержащих изображения штрихкодов, включает следующие шаги.

Шаг 1. Последовательное применение к нормализованному изображению I операций изоляции темных (blackhat) и ярких (tophat) регионов с прямоугольными структурообразующими элементами заданного радиуса r и заданным числом итераций n
 $I_m = M_{that}(M_{bhat}(I, r_1, n_1), r_2, n_2)$, по умолчанию $r_1 = 53$, $r_2 = 2$, $n_1 = 1$, $n_2 = 2$.

Шаг 2. Сглаживание полученного представления по гауссу $I_{sm} = G_{gauss}(I_m, \sigma)$ с СКО $\sigma = 0.7$.

Шаг 3. Бинаризация с глобальным порогом $I_B = T(I_{sm}, t)$, где

$$t = \begin{cases} t_{otsu} + 5, & t_{otsu} \leq 3 \\ t_{otsu}, & t_{otsu} > 3 \end{cases} \text{ – порог бинаризации.}$$

Шаг 4. Фильтрация объектов на бинарном представлении по площади и морфологии (минимальная площадь связных множеств пикселей может варьироваться, по умолчанию равна 50). При обработке кадров в высоком разрешении представление, сформированное на выходе шага 4, снова подается на вход шага 1 в качестве I . То. шаги 1-4 выполняются дважды, что позволяет получить более «чистое» бинарное представление, содержащее ненулевые пиксели в областях, соответствующих объектам интереса и немногочисленным контрастным областям на этикетках (рисунок 3б).

Шаг 5. Формирование связных областей ненулевых пикселей, потенциально соответствующих областям штрихкодов. Для «связывания» отдельных полос на бинарном представлении используется операция замыкания. Поскольку изначальная ориентация полос штрихкода неизвестна, то рассматриваются диагональные структурообразующие элементы (диагональные полосы под 45 и 135 градусов). Выполняется последовательное применение к представлению, полученному на выходе шага 4 операций морфологического замыкания и размыкания с чередующимися диагональными структурообразующими элементами

$$I_{B,1} = M_{open}(M_{close}(I_B, r, 10, 45^\circ), r, 10, 135^\circ) \quad (\text{рисунок } 3\text{в}),$$

$$I_{B,2} = M_{open}(M_{close}(I_B, r, 10, 135^\circ), r, 10, 45^\circ) \quad (\text{рисунок } 3\text{г}),$$

$r = 3$. В результате формируется бинарная маска $J = I_{B,1} + I_{B,2}$, содержащая связные области ненулевых пикселей, потенциально соответствующих областям штрихкодов.

Шаг 6. Для каждой бинарной области определяется вписывающий ее прямоугольник. Границы вписывающих прямоугольников

расширяются в каждом из направлений на 30-40 пикселей для того, чтобы минимизировать вероятность обрезки штрихкода на исходном представлении кадра при неточной его локализации. Т.о. формируется массив координат прямоугольных областей, позволяющих вырезать изображение потенциальных штрихкодов.

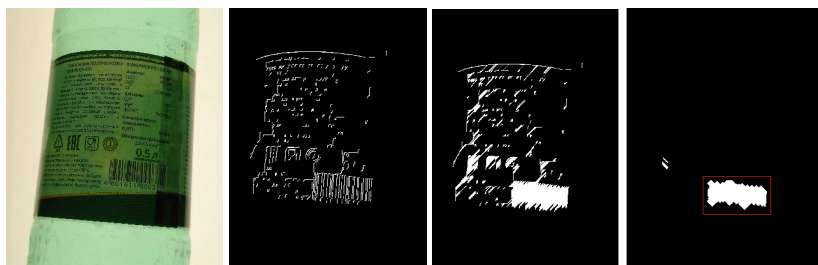


Рис. 3. Пример работы алгоритма выделения областей, потенциально содержащих штрихкоды

Как показали результаты экспериментов алгоритм локализации штрихкодов имеет высокое быстродействие и точность обнаружения, позволяя выделять объекты, имеющие произвольный угол поворота.

Коррекция угла ориентации изображения штрихкода. Для корректного считывания данных линейного штрихкода последний должен иметь горизонтальную ориентацию. Для определения ориентации полоски штрихкода используется метод главных компонент (РСА), который позволяет найти т.н. m -плоскость, сумма квадратов расстояний от которой до заданного множества точек на плоскости будет минимальна. В качестве множества точек рассматривается контур бинарного объекта. В программе использовалась библиотечная реализация метода `cv::PCA`. После определения угла поворота контура реализуется поворот растрового фрагмента относительно координаты центра контура бинарного объекта. Пример определения угла поворота и коррекции ориентации полоски штрихкода приведен на рисунке 4.

Сегментация изображений штрихкодов реализуется по алгоритму адаптивной бинаризации [1] (функция `cv::adaptiveThreshold`) с размером ядра равным 47 и параметром разности равным 3.0. В отличие от алгоритмов сегментации с глобальными порогами данный алгоритм позволяет достаточно хорошо учитывать локальные особенности и перепады яркости кадра, обеспечивая четкое разделение полос штрихкода. Пример сегментированного представления штрихкода приведен на рисунке 5б. Отметим, что наличие отдельных темных

«шумовых» пятен в области фона вокруг штрихкода не оказывает решающего влияния на достоверность его распознавания.

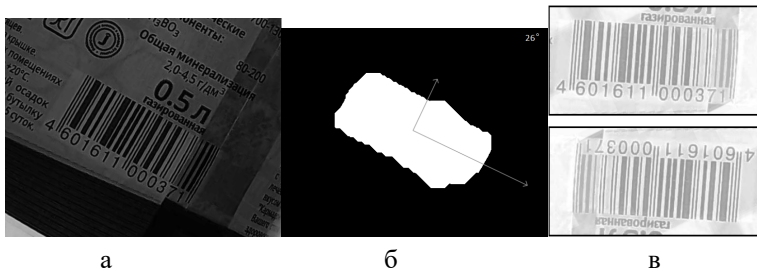


Рис. 4. Пример определения и коррекции угла ориентации штрихкода с использованием метода PCA



Рис. 5. Примеры преобразования выделенной области, содержащей штрихкоды, горизонтальные срезы, анализируемые в алгоритме декодирования

Декодирование изображения штрихкода реализуется без использования внешних библиотек и исполняемых модулей. В процедуре декодирования анализируются отдельные горизонтальные срезы бинарного изображения штрихкода (по умолчанию 21 срез на фрагмент, рисунок 5в). Для каждого среза, представленного в виде последовательности 0 и 1, применяются процедуры декодирования штрихкодов стандартов EAN-8 и EAN-13. определяется наличие начальных/конечных и центральных «ограждающих» штрихкодowych полос, оценивается усредненная минимальная ширина полосы и с учетом данного значения производится декодирование числовой последовательности штрихкода $C = \{c_0, \dots, c_{n-1}\}$ стандартов EAN-8 и EAN-13, C_i – цифры, n – длина кода (8 для EAN-8, 13 для EAN-13). После получения C выполняется проверка его корректности. Код считается корректным если

$$C_{n-1} = 10 - \left(3 \cdot \sum_{i=0, i \bmod 2 \neq 0}^{n-2} C_i + \sum_{i=0, i \bmod 2 = 0}^{n-2} C_i \right) \bmod 10.$$

В противном случае код отвергается и рассматривается следующий срез на бинарном представлении фрагмента. Ошибки при декодировании могут возникать по причине выбора неверного стандарта кодирования, а также по причине значимых искажений бинарного представления.

В начале числовой последовательности штрихкода могут идти 0, количество которых будет зависеть от числа ненулевых разрядов в младшей части числа, содержащего значение полученного штрихкода, а также от используемого стандарта кодирования. По этой причине для представления возвращаемых значений кодов в программе используется строковый тип данных. Аналогичный тип используется для соответствующих полей штрихкодов в БД.

Для обеспечения возможности декодирования перевернутых штрихкодов (нижний рисунок 4в) в процедуре декодирования битовые последовательности срезов также просматриваются и справа налево.

Идентификация типа тары по данным штрихкода. Ключевым фактором, определяющим возможность идентификации типа тары на основе распознанного штрихкода, является наличие актуальной базы данных штрихкодов, таблицы которой содержат необходимые атрибуты, в том числе описывающие тип материала, из которого изготовлена тара. В качестве такой базы рассматривался набор данных UhttBarcodeReference [4], содержащий порядка 10^6 записей кодов стандартов EAN8, EAN13, UPC-E, UPC-A с соответствующими наименованиями, брэндами и категориями. На его основе была сформирована база данных, содержащая 2 таблицы `category_table` и `code_table`. В первой содержались идентификаторы и имена категорий, по которым группируются штрихкоды. Во второй – значения штрихкодов, текстовые описания ассоциированных с кодом объектов (продуктов, товаров) и идентификаторы категорий. Для работы с БД использовалась СУБД SQLite.

При наличии в БД информации по запрашиваемому штрихкоду возвращается соответствующее ему строковое описание товара, в котором ищутся подстроки-шаблоны, позволяющие идентифицировать тип тары. Для пластиковых тар – это подстроки "пласт", "пл./буг", "пл/буг", "пл./б", "пл/б", "п/б", "п/э", для алюминиевых банок – "алюм", "ал./б", "ал/б", "ж./б", "ж/б", "жб", для стеклянной тары – "стекл", "ст./б", "ст/б", "с/б" и т.д. Конечным результатом работы программы является перечислимое значение – тип тары.

При обработке изображений низкого качества далеко не всегда имеется возможность извлечения необходимой информации из полос штрихкода. Такое бывает, когда штрихкод затирается или его полосы накладываются друг на друга. В таком случае реализуется вариант оптического распознавания числовой последовательности, записанной непосредственно под полоской штрихкода. Для локализации отдельных цифр кода на изображении используется реализация алгоритма оценки ширины штриха символов SWT из библиотеки OpenCV. Для распознавания локализованных цифр используется предобученная сверточная нейронная сеть стандартной архитектуры (используемой для распознавания рукописных цифр из набора MNIST). Декодирование распознанной числовой последовательности реализуется описанным выше образом.

При тестировании алгоритмов распознавания штрихкодов рассматривались три варианта ракурсов съемки тары. В первом варианте «P1» полоски штрихкодов ориентировались точно к камере (рисунок 6а), во втором «P2» ракурс немного искажен (рисунок 6б) и в третьем «P3» (рисунок 6в) полоски штрихкодов видимы, но смещены к краю этикетки, т.о. что на границе видимой части штрихкодов могут наблюдаться значимые искажения (крайние ограждающие полосы могут «склеиваться» и м.б. плохо различимы). Изображения были представлены в разрешении 4000×1800 и 6000×8000. Во всех экспериментах рассматривались кадры, имеющие хороший уровень резкости (содержимое этикеток находится в фокусе).

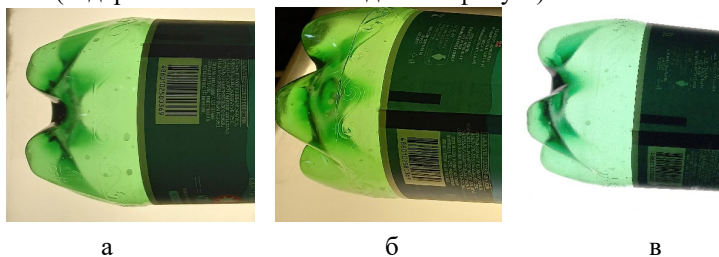


Рис. 6. Примеры изображений из тестовой выборки

Для кадров, имевших ракурс «P1», точность детектирования и декодирования числовой последовательности штрихкода составила 98,0%. Для кадров с ракурсом «P2» – 81,5%. Для кадров с ракурсом «P3» – менее 50%. С использованием данных из открытого набора UhttBarcodeReference удалось успешно обнаружить 52% штрихкодов для различных вариантов тары из тестовой выборки. Доля корректно

идентифицированных типов тары по имеющимся в БД и ассоциированным со штрихкодами описаниями, составила 44%.

4. Распознавание маркеров кодов переработки

Следующий блок в общей схеме на рисунке 1 направлен на обработку изображений с целью обнаружения числовых или текстовых значений кодов переработки. Данные значения записываются внутри или рядом со стандартным маркером (символом) кода переработки – петлей Мебиуса (рисунок 7). В некоторых странах в том числе в России маркировка упаковки кодами переработки является обязательной.



Рис. 7. Примеры маркировки кодов переработки для пластика, стекла, алюминия

Задача поиска на изображении маркеров кода переработки может быть решена путем вычисления метрик (набора морфологических признаков) для связанных множеств пикселей на сегментированном представлении кадра и сопоставлении их с эталонными значениями метрик, характерных для типовых изображений петли Мебиуса, имеющих треугольную форму. Стоит, однако, отметить, что точная форма маркера может отличаться в зависимости от дизайна этикетки, от чего может сильно уменьшаться точность определения. В подобных случаях можно воспользоваться современными методами машинного обучения для обнаружения и классификации маркеров (рисунок 8). В тестовом алгоритме для обнаружения соответствующих пиктограмм рассматривались модели Fast R-CNN [5] и Faster R-CNN [6]. Данные модели позволяют находить потенциальные объекты интереса на изображении, извлекать признаки регионов и классифицировать регионы по обработанным признакам. С учетом возможного отсутствия кодов маркировки (особенно на стеклянной таре) данный тип алгоритмов в общей цепочке обработки является опциональным.

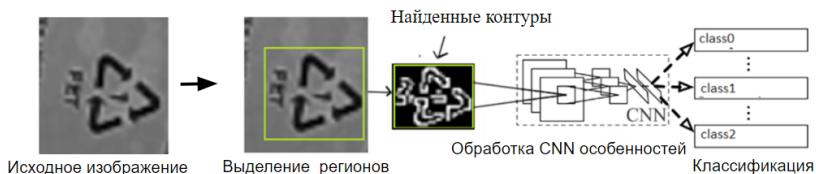


Рис. 8. Схема работы нейронной сети для классификации кодов переработки

5. Классификация типа тары на основе анализа ее формы

При распознавании типа тары (на примере стеклянных/пластиковых бутылок и алюминиевых банок) характеристики формы являются более информативными, нежели текстурные и фотометрические. Для анализа формы объекта необходимо корректно выделить его контуры, т.е. решить задачу сегментации. Сделать это можно с использованием классических пороговых алгоритмов локальной или глобальной сегментации или с использованием обучаемых алгоритмов семантической сегментации. В отсутствие сложного мешающего фона использование «тяжелых» моделей-сегментаторов не видится целесообразным, поскольку с задачей эффективно справляются более производительные пороговые алгоритмы.

Для классификации сегментированных представлений тары по ним необходимо выделить информативные, инвариантные к масштабу, поворотам, а также возможным естественным деформациям тары признаки. Рассматривались следующие признаки:

- дескрипторы Фурье;
- дисперсионная характеристика гладкости контура;
- бинарный признак выпуклости нижней части тары, характеризующий возможное наличие ножек (присутствуют у пластиковых бутылок, но не всегда).

Признаки формировались для трех классов анализируемых объектов – пластиковых, стеклянных бутылок и алюминиевых банок (рисунок 9). В рамках каждого класса рассматривались лишь недеформированные образцы. В качестве классификаторов использовались метод опорных векторов (SVM) и многослойные перцептроны (MLP).

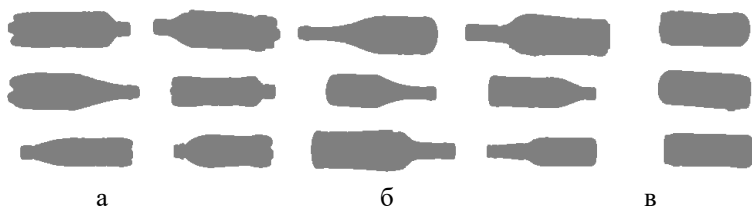


Рис. 9. Примеры контуров объектов классов «пластик», «стекло», «алюминий»

Результаты экспериментов на выборке, содержащей 300 изображений пластиковых, стеклянных и алюминиевых банок показали достаточно хорошую эффективность классификации с вероятностью межклассовых ошибок менее 3-4% для каждого типа классификаторов, однако стоит отметить, что в проведенных экспериментах все изображения тары были недеформированы, а также были сняты с одного ракурса (сбоку), что существенно упрощало задачу классификации. При изменении условий съемки или при рассмотрении деформированных объектов качество классификации неизбежно снижалось. По этой причине данный класс алгоритмов в общей цепочке обработки рассматривался как опциональный.

Заключение

Данная работа посвящена разработке математического и программного обеспечения для автоматизации идентификации типа тары в задаче переработки вторсырья. Особенностью предложенной схемы идентификации является использование трех альтернативных взаимодополняющих друг друга подходов к распознаванию типа тары, основанных на распознавании и декодировании полосок штрихкодов, распознавании маркеров кода переработки и классификации формы тары. В качестве базового и наиболее универсального подхода рассматривался первый, обеспечивая точность детектирования и декодирования числовых последовательностей штрихкодов порядка 98% при ориентации полос штрихкодов по направлению к камере. Распознанные значения штрихкодов на образцах тары из тестового набора были найдены в использовавшемся открытом наборе штрихкодов UhttBarcodeReference в 52% случаев. Идентифицировать материал изготовления тары по строковым описаниям, ассоциированным со значениями распознанных штрихкодов при использовании открытого набора UhttBarcodeReference удалось в 44% случаев. Данный результат говорит о недостаточной полноте

представленных в БД текстовых описаний товаров и необходимости их дополнения или рассмотрения альтернативных БД штрихкодов.

Список литературы

1. Гонсалес, Р. : Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, М. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Weickert J. Applications of nonlinear diffusion in image processing and computer vision / J. Weickert // Acta Math. Univ. Comenianae. – 2001. – vol. 120 (1). – P. 33-50.
3. Карнаухов В.Н. Быстрый алгоритм фильтра нелокального среднего, основанный на рекурсивном вычислении весов сходства / Карнаухов В.Н., Мозеров М.Г. // Информационные процессы. – 2018. – Т. 18. – № 2. – С. 81–85.
4. Universe-HTTP barcode reference [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <https://github.com/papyrussolution/UhttpBarcodeReference>
5. Girshick, R. Fast R-CNN / R. Girshick // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV) – 2015.
6. Ren, S. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. In Neural Information Processing Systems (NIPS) / S. Ren, R. Girshick, J. Sun. – 2015.

Потенциальные возможности приемников распознавания широкополосных сигналов

А. Ф. Евстафиев, Ф. А. Евстафиев email: evfeal@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** Определены условия образования частотных резервов приемников широкополосных сигналов с перекрывающимися спектрами, не требующие увеличения энергетических и частотно-временных ресурсов канала связи. Показана возможность целенаправленного управления АЧХ приемника в зависимости от помеховой обстановки в канале связи. Получено выражение для расчета отношения сигнал-помеха на выходе приемника при воздействии на него активной узкополосной помехи.*

***Ключевые слова:** широкополосный сигнал, перекрытие спектров, стационарная частота, глобальный (локальный) провал, узкополосная помеха.*

Введение

В настоящее время широкополосные шумоподобные сигналы (ШПС) находят все более широкое применение в радиотехнических системах (РТС) различного функционального назначения, благодаря своим принципиально новым свойствам по сравнению с традиционными узкополосными сигналами.

Амплитудно-частотные спектры (АЧС) всего ансамбля ШПС, используемых в соответствующей РТС, перекрываются, полосы частот которых совпадают с общей полосой частот канала связи [1]. Для распознавания таких сигналов на приемной стороне используется признак их структурного (кодowego) отличия, реализующий соответствующие различия их фазо-частотных спектров (ФЧС). Поэтому фильтры, согласованные с такими сигналами на приемной стороне имеют перекрывающиеся по частоте АЧХ, но различные фазо-частотные характеристики (ФЧХ), изменением которых можно целенаправленно управлять результирующей АЧХ линейной части соответствующего приемника.

1. Цель исследования и постановка задачи

Анализ АЧХ приемника для распознавания ШПС показывает, что его эффективная полоса частот пропускания оказывается меньше общей

полосы частот соответствующего канала связи, что позволяет полученный, таким образом, частотный резерв использовать как для подавления активных узкополосных помех, так и для обеспечения совместной работы широкополосных и узкополосных РТС в общей полосе частот, что является целью данного исследования.

Для того, чтобы форма излучаемых передатчиком ШПС не изменялась, управление ФЧХ должно осуществляться на приемной стороне системы связи путем изменения относительного времени задержки сигналов по согласованным каналам приемника. Для реализации этой операции достаточно изменять время задержки сигнала только в одном из согласованных каналов. Таким образом, результирующая АЧХ приемника будет соответствующим образом зависеть от времени задержки сигнала в одном из согласованных каналов, которой целенаправленно можно управлять в зависимости от помеховой и электромагнитной обстановке сложившейся в канале связи. Так как адаптация к помехам осуществляется только на приемной стороне системы связи без перестройки параметров излучаемых сигналов, то это дополнительно обеспечивает скрытность от стороннего наблюдателя режима адаптации, не требующего увеличения энергетических и частотно-временных ресурсов канала связи.

В известных системах связи с ШПС подавление активных коррелированных (узкополосных) помех осуществляется путем их частотной режекции, приводящей к уменьшению мощности принимаемого сигнала в момент его отсчета и увеличению его временной протяженности, что приводит к снижению помехоустойчивости и разрешающей способности соответствующей РТС [2].

2. Решение задачи в условиях узкополосных помех

Рассмотрим двоичную систему передачи и приема дискретной информации, в которой распознавание перекрытых по частоте ШПС осуществляется с помощью согласованных фильтров с одинаковыми АЧХ, но различными ФЧХ [3]. При наличии временной задержки сигнала в одном из согласованных каналов можно показать, что результирующая комплексная передаточная функция линейной части приемника будет определяться выражением:

$$K_p(j\omega) = K(\omega) \left\{ e^{j\phi(\omega)} - e^{-j[\phi(\omega) + \omega t_3]} \right\}, \quad (1)$$

где $K(\omega)$, $\pm\phi(\omega)$ – перекрывающиеся по частоте АЧХ и противоположные по знаку ФЧХ согласованных фильтров приемника; t_3 – регулируемое в заданном интервале время задержки сигнала в

одном из согласованных каналов приемника. При этом, результирующая АЧХ линейной части приемника, определяемая модулем выражения (1) будет равна

$$K_p(\omega) = \sqrt{2}K(\omega)\sqrt{1 - \cos[2\phi(\omega) + \omega t_3]}. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что АЧХ нелинейно зависит от ФЧХ согласованных фильтров приемника и от времени задержки сигнала t_3 .

Поскольку форма излучаемых сигналов не меняется, то следовательно для данного приемника ФЧХ остаются неизменными, а изменение АЧХ осуществляется только изменением времени задержки t_3 . Из данного выражения также следует, что на некоторых частотах результирующая АЧХ будет доходить до нулевых значений, вследствие знакопеременной косинусной функции, ограниченной значениями ± 1 . Причем, при фиксированной задержке t_3 , конфигурация частотных провалов в АЧХ будет нелинейно зависеть от формы ФЧХ согласованных фильтров приемника.

Рассмотрим прием (распознавание) двух широкополосных радиосигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), АЧС которых практически одинаковы и перекрываются по частоте, а ФЧС отличаются только знаками.

Используя известные выражения $K(\omega)$ и $\phi(\omega)$ для ЛЧМ радиосигналов, можно показать, что при достаточно большой их базе результирующая АЧХ приемника в соответствии с (2) будет иметь вид [4]:

$$K_p(\omega) = \sqrt{2}K_0\sqrt{1 - \cos\left\{\frac{\pi}{2}\left[B\frac{(\omega - \omega_0)^2}{\omega_g^2} - 1\right] + \omega t_3\right\}}, \quad (3)$$

где $B = \Delta f_c T_c = 2f_g T_c$ – база распознаваемых ЛЧМ сигналов; K_0 , $f_g = \omega_g / 2\pi$, ω_0 , T_c – постоянный коэффициент передачи согласованных фильтров в пределах полосы частот сигнала Δf_c , девиация частоты, несущая частота и длительность ЛЧМ сигнала, соответственно.

Из выражения (3) следует, что с изменением частоты ω при фиксированном времени задержки t_3 , АЧХ приемника приобретает гребенчатую структуру с подъемами и провалами коэффициента передачи, доходящими до нулевых значений. Причем, распределение частот провалов в АЧХ является неравномерным как по их местоположению, так и по ширине полосы частот. Исследования

показывают, что в результирующей АЧХ приемника появляется, так называемая, стационарная частота, в окрестности которой существует широкий глобальный провал, а на периферии стационарной частоты имеют место большое количество меньших по ширине локальных провалов. Полученными частотными провалами можно целенаправленно управлять путем изменения времени задержки t_3 в зависимости от распределения несущих частот узкополосных излучений, действующих в полосе частот сигнала.

Рассмотрим эффективность функционирования данного адаптивного приемника при воздействии на него активной узкополосной помехи с гауссовым энергетическим спектром вида:

$$G_{\text{вх}}(\omega) = G_0 e^{-\alpha^2(\omega - \omega_n)^2}, \quad (4)$$

где G_0 – спектральная плотность мощности помехи на ее несущей частоте ω_n ; α – размерный коэффициент, значение которого определяет ширину спектра узкополосной помехи.

Пользуясь выражениями (3) и (4) найдем энергетический спектр помехи на выходе линейной части приемника:

$$G_{\text{вых}}(\omega) = 2K_0^2 G_0 e^{-\alpha^2(\omega - \omega_n)^2} \times \left\{ 1 - \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left[B \frac{(\omega - \omega_0)^2}{\omega_g^2} - 1 \right] + \omega t_3 \right\} \right\}. \quad (5)$$

Выходная остаточная мощность помехи в пределах ее эффективной полосы частот от ω_1 до ω_2 , будет определяться выражением:

$$P_{\text{ост}} = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega_1}^{\omega_2} G_{\text{вых}}(\omega) d\omega = \frac{K_0^2 G_0}{\pi} \int_{\omega_1}^{\omega_2} e^{-\alpha^2(\omega - \omega_n)^2} d\omega - \frac{K_0^2 G_0}{\pi} \int_{\omega_1}^{\omega_2} e^{-\alpha^2(\omega - \omega_n)^2} \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left[B \frac{(\omega - \omega_0)^2}{\omega_g^2} - 1 \right] + \omega t_3 \right\} d\omega. \quad (6)$$

Выражение (6) содержит два интеграла. Решение первого интеграла, которое определяет первую составляющую мощности помехи на выходе приемника, легко находится и приближенно будет равно

$$P_{\text{ост}_1} \approx \frac{K_0^2 G_0}{\sqrt{\pi \alpha}}. \quad (7)$$

Во втором интеграле, который определяет вторую (компенсационную) составляющую остаточной мощности помехи, заменим косинусоиду показательной функцией, в результате получим:

$$P_{ост_2} = \frac{K_0^2 G_0}{\pi} \operatorname{Re} \int_{\omega_1}^{\omega_2} e^{-\alpha^2(\omega-\omega_n)^2} e^{jB \left[\frac{\pi}{2\omega_g^2}(\omega-\omega_0)^2 + \frac{t_3}{B}\omega - \frac{\pi}{2B} \right]} d\omega. \quad (8)$$

Подынтегральное выражение интеграла (8) позволяет применить для его решения метод стационарной фазы [5]. В данном методе справедливо следующее равенство:

$$\int_a^b F(x) e^{jmf(x)} dx = \sqrt{\frac{2\pi}{|mf''(x_0)|}} F(x_0) e^{j \left| mf'(x_0) \pm \frac{\pi}{4} \right|} + O\left(\frac{1}{m}\right), \quad (9)$$

где $F(x)$ и $f(x)$ должны быть медленно-меняющимися функциями, а коэффициент $m \gg 1$.

В этом случае значение x_0 является стационарной точкой, которое находится из решения уравнения $f'(x_0) = 0$. Знак при $\pi/4$ определяется второй производной в точке x_0 : Если $f''(x_0) > 0$, то принимается $+\pi/4$, если $f''(x_0) < 0$, принимается $-\pi/4$.

В подынтегральном выражении (8) функции:

$$F(\omega) = e^{-\alpha^2(\omega-\omega_n)^2}; \quad (10)$$

$$f(\omega) = \frac{\pi}{2\omega_g^2}(\omega-\omega_0)^2 - \frac{\pi}{2B} + \frac{t_3}{B}\omega, \quad (11)$$

являются медленно-меняющимися, а стационарная частота ω^* АЧХ находится из уравнения $f'(\omega^*) = 0$, которое после дифференцирования принимает вид:

$$\frac{\pi}{\omega_g^2}(\omega-\omega_0) + \frac{t_3}{B} = 0. \quad (12)$$

Решение алгебраического уравнения (12) дает значение стационарной частоты:

$$\omega^* = \frac{\pi B \omega_0 \pm t_3 \omega_g^2}{\pi B}. \quad (13)$$

Стационарная частота (13) определяет положение глобального провала в результирующей АЧХ линейной части приемника, а время задержки сигнала t_3^* , соответствующее частоте глобального провала находится из (13) и будет равно:

$$t_3 = \pm \frac{(\omega_0 - \omega^*)\pi B}{\omega_g^2}. \quad (14)$$

Знак «+» и «-» в выражениях (13) и (14) свидетельствует о соотношении стационарной частоты (положении глобального провала) ω^* и средней частоты ω_0 ЛЧМ радиосигнала. Знаку «+» соответствует условие: $\omega^* \leq \omega_0$, а знаку «-» $\omega^* > \omega_0$.

На основе выражения (9) с учетом сформулированных ограничений, решение интеграла (8), определяющего вторую составляющую остаточной мощности помехи, будет иметь вид:

$$P_{ocm_2} = -\frac{2K_0^2 G_0 \omega_g}{\pi \sqrt{2B}} e^{-\alpha^2 (\omega^* - \omega_0)^2} \times \\ \times \cos \left\{ B \left[\frac{\pi}{2\omega_g^2} (\omega^* - \omega_0)^2 + \frac{t_3}{B} \omega^* - \frac{\pi}{2B} \right] + \frac{\pi}{4} \right\}. \quad (15)$$

Поскольку первая и вторая составляющие остаточной помехи являются независимыми то, следовательно, результирующая мощность узкополосной помехи на выходе приемника будет равна сумме их частотных мощностей:

$$P_{ocm} = P_{ocm_1} + P_{ocm_2}. \quad (16)$$

Мощность узкополосной помехи на входе приемника будет равна

$$P_{ex} = 2K_0^2 G_0 \Delta f_n. \quad (17)$$

При этом коэффициент подавления узкополосной помехи будет определяться величиной $\eta = P_{ex} / P_{ocm}$.

Совместный анализ выражений (7) и (15) показывает, что результирующая остаточная мощность помехи на выходе приемника будет минимальной, если выполняется следующее условие:

$$\cos \left\{ B \left[\frac{\pi}{2\omega_g^2} (\omega^* - \omega_0)^2 + \frac{t_3}{B} \omega^* - \frac{\pi}{2B} \right] + \frac{\pi}{4} \right\} = 1, \quad (18)$$

которое свидетельствует о совмещении стационарной частоты АЧХ приемника с несущей частотой узкополосной помехи ($\omega^* = \omega_n$), что достигается путем соответствующего изменения времени задержки t_3 .

Можно показать, что оптимальное значение t_3^* , используя (13) и (18), будет равно:

$$t_3 = \frac{\pi B \omega_0 - \sqrt{(\pi B \omega_0)^2 - 2\pi^2 B \omega_g^2 \left(\frac{1}{4} + 2K\right)}}{\omega_g^2}, \quad (19)$$

где коэффициент K , выраженный через t_3^* , определяется следующей формулой:

$$K = \frac{4\pi B \omega_0 t_3 - 2\omega_g^2 t_3^2 - \pi^2 B}{8\pi^2 B}. \quad (20)$$

При этом полученное расчетное значение K должно округляться до ближайшего целого числа.

3. Алгоритм функционирования и эффективность приемника

Алгоритм адаптивного подавления узкополосной помехи в данном приемном устройстве содержит следующую последовательность действий.

1. С помощью анализатора состояния канала связи проводится оценка несущей частоты ω_n узкополосной помехи.

2. Осуществляется совмещение частоты глобального провала в АЧХ приемника с несущей частотой узкополосной помехи путем изменения времени задержки t_3^* в соответствии с формулой (14).

3. При известном t_3^* вычисляется коэффициент K по формуле (20), значение которого округляется до ближайшего целого значения.

4. По полученному целому значению коэффициента K пересчитывается время задержки t_3' по формуле (19), которое будет являться рабочим значением в данных условиях помеховой обстановки.

Пример. Пусть длительность ЛЧМ радиосигнала равна $T_c = 10$ мкс; полоса частот $\Delta f_c = 10$ МГц, при которых база сигнала $B = \Delta f_c \cdot T_c = 100$; несущая частота $f_0 = 10$ МГц. Определяющие параметры узкополосной помехи: $G_0 = 50$ Вт/МГц; $\Delta f_n = 0,8$ МГц. При этих значениях коэффициент ослабления помехи в соответствии с выражениями (16) и (17) составит величину $\eta = P_{ex} / P_{ост} = 8,6 \approx 10$ дБ, что свидетельствует о высокой эффективности функционирования данного приемного устройства в условиях активных узкополосных помех.

Заключение

Предложен и исследован адаптивный способ защиты приемников ШПС от активных узкополосных помех, обеспечивающий скрытность

режима адаптации и не требующий режекторного вмешательства во внутреннюю структуру сигнала, а также увеличения энергетических и частотно-временных ресурсов канала связи. При этом механизм подавления узкополосных помех заключается в целенаправленном управлении формой результирующей АЧХ приемника путем изменения ФЧХ в одном из согласованных его каналов. Чтобы форма излучаемых сигналов оставалась прежней, изменение ФЧХ осуществляется за счет изменения относительного времени задержки сигналов в согласованных каналах приемника, что обеспечивает скрытность от стороннего наблюдателя режима адаптации к узкополосным помехам. Данный способ адаптации применим для любых существующих разновидностей ШПС с перекрывающимися спектрами и может также найти применение при организации совместной работы широкополосных и узкополосных средств радиосвязи в общем частотном диапазоне, или для передачи дополнительной информации на частотах провалов в результирующей АЧХ приемника без изменения основных характеристик канала связи.

Полученные результаты могут быть использованы как при модернизации существующих, так и при создании перспективных систем передачи и приема информации, функционирующих в условиях сложной помеховой и электромагнитной обстановки.

Список литературы

1. Варакин, Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – М. : Радио и связь, 1985. – 384 с.
2. Тузов, Г. И. Статистическая теория приема сложных сигналов / Г.И. Тузов. – М. : Советское радио, 1977. – 400 с.
3. Финк, Л. М. Теория передачи дискретных сообщений / Л. М. Финк. – М. : Советское радио, 1978. – 726 с.
4. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.
5. Вакман, Д. Е. Вопросы синтеза радиолокационных сигналов / Д.Е. Вакман, Р.М. Седлецкий. – М. : Советское радио, 1973. – 312 с.

Адаптация текстовых записей в социальной сети Вконтакте с использованием моделей нейронных сетей для переноса текста в мессенджер Telegram

А. А. Зюзин, email: anton.zyuzin@gmail.com

А. В. Швырева, email: shvyreva@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Текстовая запись в социальных сетях — это сообщение, которое пользователь публикует на своей странице или в группе, не содержащее изображений, видео и других вложений. В данной работе рассматривается задача автоматического переноса текстовой записи из социальной сети Вконтакте в Telegram, с использованием нейросетевых моделей для адаптации приведения данных в нужный формат.*

***Ключевые слова:** текстовая запись, социальная сеть, мессенджер, нейронные сети, обработка естественного языка.*

Введение

Социальные сети являются важным инструментом для передачи информации, установления рабочих контактов и продвижения товаров и услуг в современном обществе. Они также часто играют роль официальных источников информации, например, многие государственные деятели пользуются социальными сетями для связи с общественностью.

Широкое многообразие социальных сетей имеет различные особенности, правила, форматы публикаций и аудитории. Поэтому распространение информации в разных источниках для увеличения охвата аудитории требует дополнительной обработки информации. Для решения возникающей проблемы возможно использовать специальные инструменты или сервисы, которые могут автоматизировать процесс переноса текста между разными социальными сетями, учитывая их особенности и требования, что позволит сэкономить время и ресурсы, а также повысить качество и эффективность коммуникации в социальных сетях.

В данной работе рассматривается решение задачи автоматического переноса текстовой записи из социальной сети Вконтакте в мессенджер Telegram с адаптацией текста к необходимому формату с помощью существующих различных моделей нейронных сетей.

1. Социальные сети и их ограничения

Анализ существующих социальных сетей и мессенджеров показал, что наиболее популярными отечественными сервисами для общения с широкой аудиторией являются социальная сеть ВКонтакте и мессенджер Telegram. Перечисленные сервисы обладают следующими преимуществами:

1. Наличие открытого API, использование которого позволяет извлекать необходимую информацию и не нарушает прав пользователей.
2. Широкий охват аудитории.
3. Отечественная разработка.

Социальная сеть ВКонтакте и мессенджер Telegram имеют разные ограничения на объем текстовых записей. Для ВКонтакте допустимым является текстовая запись в 50000 символов [1], для Telegram – в 4096 символов [2]. Поэтому при переносе записей из ВКонтакте в Telegram, алгоритм адаптации должен значительно сокращать текст записи с сохранением контекста.

2. Обзор инструментов переноса текстовых записей

Существующее API социальной сети ВКонтакте и мессенджера Telegram позволяют взаимодействовать с контентом, извлекать необходимую информацию, не нарушая прав пользователей.

У интерфейса ВКонтакте API существует множество методов, позволяющих работать со стеной пользователя или сообщества. Например, метод `wall.getById` используется для получения записи по уникальному идентификатору записи, метод `wall.get` возвращает все или указанное количество записей стены сообщества или пользователя, метод `wall.search` используется для поиска слов или словосочетаний в записях стены, а метод `wall.getReposts` позволяет возвращать записи-репосты (записи, автором которых является другое сообщество или пользователь)[3].

Для сбора текстовых записей можно воспользоваться методом `wall.get`. Он позволяет получить указанное количество записей со стены. Последующая обработка полученного списка позволит исключить записей с медиафайлами (фото и видео), оставив только текстовые записи.

Интерфейс Telegram API [4], также имеет широкую функциональность. Для размещения текстовых записей в Telegram-канале используется метод `sendMessage`, а записей с содержанием фото или видео файлов метод `sendPhoto`.

3. Обзор языковых моделей

Для решения задачи генерации и обработки текстов на естественном языке могут использоваться языковые модели. Для использования существующих языковых моделей необходимо, чтобы она отвечала следующим критериям:

1. Наличие открытой лицензии.
2. Поддержка русского языка.
3. Возможность последующего дообучения.

При анализе существующих языковых моделей по перечисленным критериям, наиболее подходящими оказались:

- ruT5. Модель-трансформер, разработанная Google и облегченная для работы только с русским языком. Модель может быть дообучена на широком списке задач генерации и обработки текстов [5];
- GigaChat. Мультиязычная модель, разработанная Sber для работы на русском и английском языке, основана на языковых моделях ruGPT-3 и FRED-TP [6];
- ruBert. Модель-encoder от Google дообученная для работы с русским языком. Может определять вероятности следующего и пропущенного слова, а также эффективно представлять слова и тексты в векторном пространстве [7].

4. Проектирование и разработка программного средства переноса текстовых записей

Для осуществления API-запросов, выбора подходящих записей и обращения к сервисам адаптации текста была разработана система управления на платформе .NET C#, в основе которой лежит микросервисная архитектура (рисунок 1), позволяющая сделать систему гибкой и масштабируемой, упрощающая ее управление и поддержку.

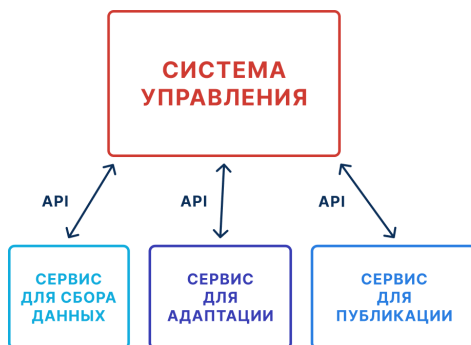


Рис. 1. Архитектура средства переноса текстовых записей

Сервис сбора данных взаимодействует с интерфейсом API ВКонтакте и извлекает текстовую часть записей на стене интересующего сообщества.

Сервис адаптации данных сокращает объем извлеченных текстовых записей с помощью модели адаптации текста.

Сервис для публикации данных взаимодействует с Telegram API и публикует обработанный текст в Telegram-канал.

Алгоритм работы программного средства переноса текстовых записей из социальной сети ВКонтакте в мессенджер Telegram представлен в виде блок-схемы на рисунке 2. На этапе сбора данных сервис отправляет API-запрос к ВКонтакте с параметрами: domain (идентификатор группы), count (количество записей, которое необходимо вернуть), access token (ключ разработчика). В качестве ответа сервис получает JSON-файл с различными параметрами, наиболее интересными для нас будут: идентификатор записи, текст записи, время публикации, идентификатор автора.

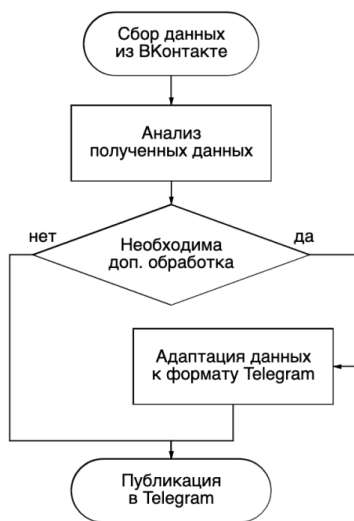


Рис. 2. Алгоритм функционирования программного средства переноса текстовых записей из социальной сети ВКонтакте в мессенджер Telegram

Анализ полученных данных заключается в автоматизированном сборе и структурировании данных из полученного от ВКонтакте JSON-файла.

Проверка на необходимость дополнительной обработки требуется для определения необходимости обработки текстовой записи для переноса. Если объем текстовой записи превышает допустимый для публикации объем, то необходимо выполнение адаптации контента.

Адаптация данных к формату мессенджера Telegram заключается в сжатии текста с сохранением контекста с помощью языковой модели. В качестве моделей адаптации текстов были выбраны языковые модели, рассмотренные в пункте 3.

Публикация в Telegram осуществляется API-методом `sendMessage` с параметрами `bot` (ключ бота для публикации), `chat_id` (уникальный идентификатор чата), `text` (текст записи).

5. Проведение экспериментов

Для определения наиболее подходящей языковой модели были проведены эксперименты с записями сообщества Факультета компьютерных наук в социальной сети ВКонтакте. Пример используемой исходной записи представлен на рисунке 3.

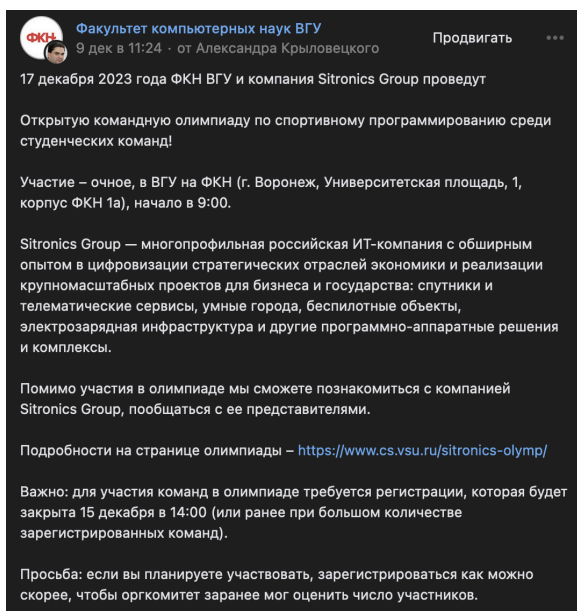
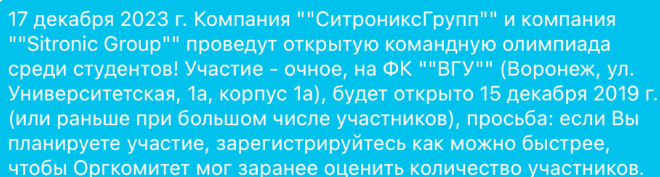


Рис. 3. Исходная текстовая запись в социальной сети ВКонтакте

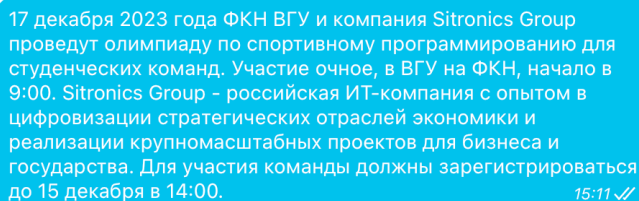
Результаты использования моделей ruT5, GigaChat, ruBert, представлены на рисунках 4-6 соответственно.



17 декабря 2023 г. Компания ""СитрониксГрупп"" и компания ""Sitronic Group"" проведут открытую командную олимпиада среди студентов! Участие - очное, на ФК ""ВГУ"" (Воронеж, ул. Университетская, 1а, корпус 1а), будет открыто 15 декабря 2019 г. (или раньше при большом числе участников), просьба: если Вы планируете участие, зарегистрируйтесь как можно быстрее, чтобы Оргкомитет мог заранее оценить количество участников.

19:19 ✓

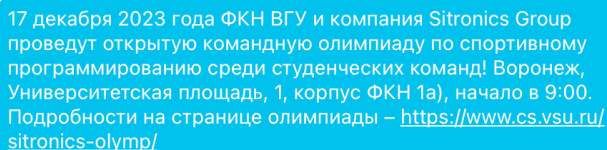
Рис. 4. Адаптированная запись с использованием ruT5 в Telegram



17 декабря 2023 года ФКН ВГУ и компания Sitronics Group проведут олимпиаду по спортивному программированию для студенческих команд. Участие очное, в ВГУ на ФКН, начало в 9:00. Sitronics Group - российская ИТ-компания с опытом в цифровизации стратегических отраслей экономики и реализации крупномасштабных проектов для бизнеса и государства. Для участия команды должны зарегистрироваться до 15 декабря в 14:00.

15:11 ✓

Рис. 5. Адаптированная запись с использованием GigaChat в Telegram



17 декабря 2023 года ФКН ВГУ и компания Sitronics Group проведут открытую командную олимпиаду по спортивному программированию среди студенческих команд! Воронеж, Университетская площадь, 1, корпус ФКН 1а), начало в 9:00. Подробности на странице олимпиады – <https://www.cs.vsu.ru/sitronics-olymp/>

Важно: для участия команд в олимпиаде требуется регистрации, которая будет закрыта 15 декабря в 14:00 (или ранее при большом количестве зарегистрированных команд).

15:11 ✓

Рис. 6. Адаптированная запись с использованием ruBERT в Telegram

В результате проведенных экспериментов были сделаны следующие выводы:

1. Модель ruT5 требует дообучения и в исходном виде для адаптации использоваться не может, так как на выходе модели формируется текст с множеством ошибок и лишних символов. Кроме

того, модель ruT5 хуже оптимизирована для работы с текстами больших объемов, так как используют больше памяти [8].

2. Модель GigaChat требует дообучения, так как удаляет часть важной информации, такой как ссылки и адреса.

3. Адаптация с помощью RuBERT оказалась наиболее удачной. Модель RuBERT сохраняет важную информацию, например, ссылки и разделение текста на абзацы и может использоваться в исходном виде. Однако дальнейшее дообучение модели [9] на данных из конкретных сообществ ВКонтакте может улучшить результаты.

Заключение

В результате работы было разработано программное средство, позволяющее автоматически переносить текстовые записи из социальной сети ВКонтакте в мессенджер Telegram. При переносе записей осуществлялось сокращение объема текста, необходимое для выполнения требований публикации. Для реализации сокращения длины текста использовались зарекомендовавшие себя языковые модели, адаптированные для работы с русским языком и имеющие возможность дообучения: ruT5, GigaChat, ruBert.

В результате проведенных экспериментов с представленными языковыми моделями, модель ruBert показала лучшие результаты, обеспечив наиболее полный перенос важной информации. Однако, важно понимать, что оценка качества выполнения контекстного сокращения информации носит субъективный характер, а для получения более точных результатов необходимо дообучить модели на текстах из социальных сетей, имеющих свою специфику.

Литература

1. Лимиты и ограничения ВКонтакте в 2022 году [Электронный ресурс] : сайт сервиса ВКонтакте. – Режим доступа: https://vk.com/@producer_natalia_kuznesova-limity-i-ogranicheniya-vkontakte-v-2022-godu

2. Как сделать пост в Telegram: разбираем главные функции. С инструкциями и скриншотами [Электронный ресурс] : сайт Skillbox. – Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/marketing/kak-sdelat-post-v-telegram-razbiraem-glavnye-funktsii-s-instruktsiyami-i-skrinshotami/>

3. Описание методов API | VK для разработчиков [Электронный ресурс] : документация сервиса ВКонтакте. – Режим доступа: <https://dev.vk.com/ru/method>

4. Telegram Bot API [Электронный ресурс] : документация сервиса Telegram. – Режим доступа: <https://core.telegram.org/bots/api>

5. Многозадачная модель T5 для русского языка [Электронный ресурс] : Блог компании «Хабр». – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/581932/>

6. GigaChat API — искусственный интеллект для бизнеса [Электронный ресурс] : документация Сбер. – Режим доступа: <https://developers.sber.ru/portal/products/gigachat-api>

7. Маленький и быстрый BERT для русского языка [Электронный ресурс] : Блог компании «Хабр». – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/562064/>

8. T5 Model : What is maximum sequence length that can be used with pretrained T5 [Электронный ресурс] : сайт компании «GitHub». – Режим доступа: <https://github.com/huggingface/transformers/issues/5204>

9. ruT5, ruRoBERTa, ruBERT: как мы обучили серию моделей для русского языка [Электронный ресурс] : Блог компании «Хабр». – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/567776/>

Экспертная система для оркестровки базовой темы музыкальной пьесы

В. А. Каладзе, email: wakaladze@yandex.ru
Е. Э. Косинов, email: alanwake0810@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

***Аннотация.** В данной работе рассматривается процесс создания экспертной системы и её базы знаний для помощи пользователю в создании его собственной оркестровки базовой темы музыкальной пьесы с использованием нейросетевого обработчика звукового сигнала.*

***Ключевые слова:** экспертная система, база знаний, нейронная сеть, музыкальная пьеса, оркестр, искусственный интеллект.*

Введение

Оркестровая обработка музыки является интересным развитием темы обработки цифровых звуковых сигналов. Данная работа посвящена экспертной системе, помогающей пользователям (музыкантам) обрабатывать цифровой звук, т.к. с развитием компьютерных технологий и упрощением их использования стало появляться всё больше инструментов для работы с музыкой.

1. Постановка задачи

Ставится задача создать оркестровку изначальной музыкальной темы. Для этого пользователю нужно выбрать оркестровку в зависимости от необходимых в ней инструментов и сложности темы.

Если пользователь хорошо разбирается в теории музыки, то он может обрабатывать сколь угодно сложные музыкальные темы для получения их оркестровки. Малоопытному же пользователю, не сведущему в теории музыки, будет достаточно обработать простую тему, получив таким образом несложную оркестровку, не перегруженную инструментами.

Экспертная система необходима для решения поставленной задачи, потому что предметная область слабо структурируема и трудно формализуема: сложно или практически невозможно составить адекватные закономерности или зависимости при выборе оркестровки [6].

2. Выявление сущностей

Чтобы правильно спроектировать ЭС, необходимо провести аналитический обзор предметной области и выявить основные сущности и способы их взаимодействия [1]. Для этого были изучены необходимые источники, а также учтены мнения экспертного сообщества – профессиональных музыкантов [3].

По итогу вырисовываются несколько основных сущностей:

- Типы оркестра;
- Типы инструментов;
- Количество инструментов.

В Базе знаний экспертной системы должны храниться данные оркестра и музыкальных инструментов, т.н. понятия, которые связаны между собой определёнными связями – правилами. Характеристики темы вводятся в процессе использования ЭС и должны храниться в базе знаний [2].

Подсистема объяснений представляет собой логику рассуждений ЭС (правила), на основе которой основываются выдаваемые системой решения.

Для наполнения базы была найдена информация о музыкальных инструментах, используемых в исполнении оркестровых музыкальных композиций и существующих типах оркестров [3]. Для создания ЭС были выделены типы оркестров и типы инструментов в них (см. таблицу), т.к. существует множество видов оркестров, звучащих по-разному, например, у духовых оркестров преобладают духовые инструменты, у струнных – струнные, в то же время симфонический оркестр может сочетать в себе эти виды инструментов. Также были найдены частоты, соответствующие каждому оркестровому типу инструмента (рис. 1), они будут внесены в базу знаний проектируемой ЭС.

Для обучения ИНС, преобразовывающей исходную тему в оркестровку, были подобраны соответствующие обучающие множества – датасеты, на которых ИНС будет обучаться.

На основе данной таблицы были выделены основные сущности и описано их взаимодействие [5].

3. Проектирование базы знаний

Из полученных сущностей была составлена диаграмма базы данных (рис. 2), проектируемой базы знаний. В БД хранятся данные статичные и обновляемые о значениях тех или иных параметров (в нашем случае это характеристики оркестров и музыкальных инструментов).

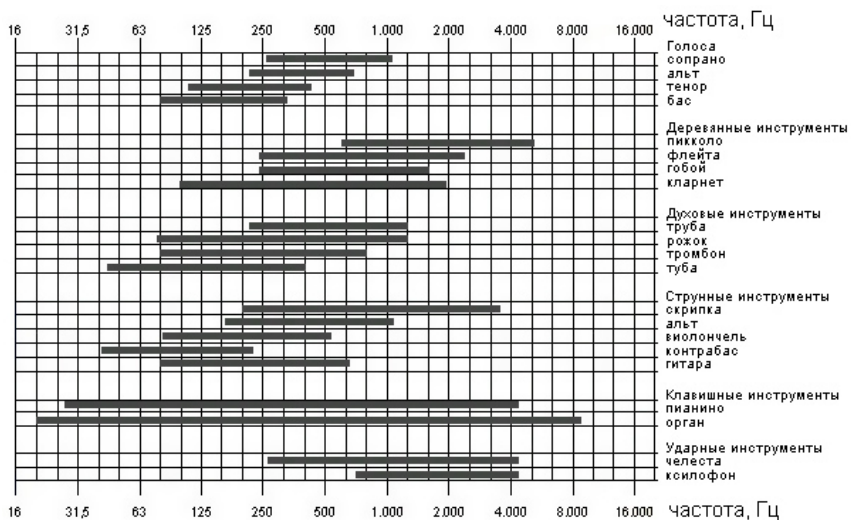


Рис. 1. Основные частоты оркестровых музыкальных инструментов

Таблица

Значения свойств оркестров

Свойство	Значения
Типы оркестров	Симфонический, духовой, струнный, эстрадный, народный и т.д.
Типы инструментов	Духовые, ударные, струнные и т.д.
Инструменты	Виолончель, скрипка, саксофон, барабаны и т.д.

Данные в базу должны вноситься экспертом в данной области (профессиональные музыканты, музыкальные продюсеры и исполнители) [2].

В результате для проектируемой базы знаний была создана база данных музыкальных инструментов, применяющихся в оркестровых музыкальных композициях.

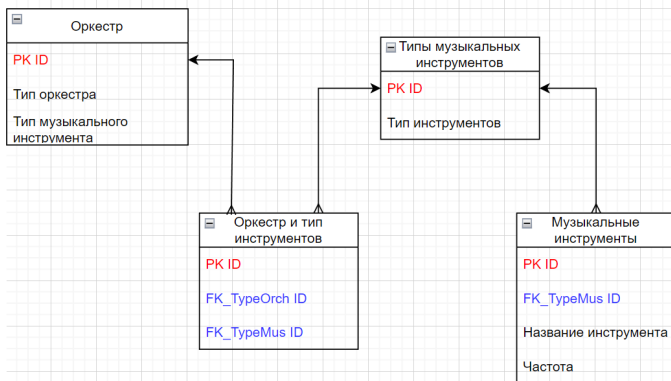


Рис. 2. Диаграмма базы данных

Чтобы посоветовать пользователю, какой лучше инструмент для создания оркестровки ему выбрать, система должна получить от него информацию о том, какой тип оркестра ему нужен (Симфонический, камерный, струнный, духовой и т.д.). После того, как она получила информацию от пользователя о нужном ему типе оркестра (пользователь выбрал один конкретный вариант из нескольких предложенных), она выведет ему список типов инструментов, участвующих в оркестре выбранного типа с их частотами. Следом система выведет информацию о самих инструментах (список использующихся инструментов в оркестре выбранного типа), относящихся к конкретному типу (например, струнные – виолончель, контрабас, альт, скрипка и т.д.). Т.к. оркестр предполагает наличие нескольких музыкальных инструментов, вопрос с выбором музыкальных инструментов будет задаваться не один раз.

На основе полученной от экспертной системы информации, пользователь сможет в дальнейшем обработать свою исходную музыкальную тему каждым выбранным инструментом, и в последствии составить из них полноценную оркестровку с помощью полученных звуковых частот.

4. Программная реализация экспертной системы

Объектом оркестровки является музыкальная тема (сочетание нот, состоящее из более чем двух штук), исполненная абсолютно любым образом. Чтобы процесс оркестровки темы был запущен, она должна состоять минимум из двух нот, иначе это не тема, а одна нота.

Далее необходимо подобрать оркестровые инструменты, которыми будет обработана тема. Таких инструментов существует достаточно

много, поэтому возможно сделать качественную оркестровку даже небольшой темы. После выбора инструмента начинается процесс обработки темы, в ходе которого полученные частоты выбранных музыкальных инструментов передаются в обработчик с нейросетью. Конечный результат единичной обработки можно сохранить в MIDI-файл или сразу же в WAV/MP3/FLAC.

Результаты разных обработок по итогу складываются в единое звучание, называемое оркестровкой. Таким образом получается оркестровое звучание исходной музыкальной темы.

Был реализован прототип экспертной системы на языке Python 3.7 в среде разработки PyCharm 2020.1. Он представляет собой подсистему выбора типа оркестра и необходимых музыкальных инструментов (рис. 3).

```
orchestra_type = "type"
choose_type_inst = "type"
answer = input("В вашей музыкальной теме больше двух нот? (да/нет):")
contin = 1
if answer != "да":
    print("Ваша музыкальная тема не является темой. Слишком мало нот.")
    print("Слишком мало нот.")
    print("В музыкальной теме должно быть минимум 2 ноты.")
    contin = 0

if contin == 1:
    print("Выберите тип необходимого оркестра:")
    for i in range(4):
        print(base[i], "?")
        answer = input("(да/нет):")
        if answer == "да":
            orchestra_type = base[i]
            print(orchestra_type)
            break

if orchestra_type == "type":
    print("Тип музыкального оркестра не выбран, дальнейшая работа системы невозможна")

if contin == 1:
    print("Выберите тип музыкальных инструментов соответствующего оркестра")
    if orchestra_type == "Симфонический":
        for i in range(5):
            print(type_instruments[i], "?")
            answer = input("(да/нет):")
            if answer == "да":
                choose_type_inst = type_instruments[i]
                print(choose_type_inst)
                break

if choose_type_inst == "type":
    print("Тип музыкального инструмента не выбран, дальнейшая работа системы невозможна")
```

Рис. 3. Код экспертной системы на языке Python

В процессе работы программы пользователю предлагается выбрать тип оркестра и необходимый тип музыкальных инструментов (рис. 4):

```
В вашей музыкальной теме больше двух нот? (да/нет):да
Выберите тип необходимого оркестра:
Симфонический ?
(да/нет):да
Симфонический
Выберите тип музыкальных инструментов соответствующего оркестра
Духовые ?
(да/нет):да
Духовые
```

Рис. 4. Диалоговое окно программы

После завершения диалога с пользователем, программа выводит выбранные результаты на экран (рис. 5):

```
Тип музыкального оркестра: Симфонический
Тип музыкальных инструментов: Духовые, Ударные, Струнные, Клавишные
Музыкальные инструменты: Саксофон, Барабаны, Скрипка, Орган

Process finished with exit code 0
```

Рис. 5. Результат работы программы

Заключение

Была спроектирована база знаний для экспертной системы, помогающей пользователю принимать решения, какой тип оркестровки музыкальной темы ему создать. Также был реализован прототип экспертной системы на языке Python, а именно подсистема, отвечающая за диалог пользователя и ЭС. В результате работы данная подсистема выводит полученные результаты на экран.

Список литературы

1. Представления знаний в интеллектуальных системах, экспертные системы [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. журн. – Режим доступа: <https://habr.com/en/post/346236/>
2. Введение в экспертные системы. Основные понятия и определения. [Электронный ресурс] : многопредмет. научн. журн. – Режим доступа: http://www.habarov.spb.ru/new_es/exp_sys/es01/es1.htm
3. Виды музыкальных оркестров. [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: <https://muzshok.by/blog-post/vidy-orkestrov>

4. Малыгина, М.П. Базы данных: основы, проектирование, использование учеб. пособие / М.П. Малыгина. – СПб. БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.

5. Реляционные базы данных [Электронный ресурс]: цифровая энциклопедия. – Режим доступа: <http://www.function-x.ru>

6. Ганцева, Е. А. Интеллектуальный критерий качества математических моделей сложных систем: Идеология, перспективы разработки / Е. А. Ганцева, В. А. Каладзе, А. М. Поляков// Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж, 2013. – № 5. – С. 52-56.

Подготовка данных для обучения алгоритма градиентного бустинга в задаче предсказания результатов футбольных матчей

К. А. Капкин, email: kirill.kapkin@gmail.com

А. В. Акимов, email: akimov@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В работе показан алгоритм подготовки данных для работы с алгоритмом градиентного бустинга в рамках задачи предсказания исхода на примере проведения соревнований по игре в футбол. Описан минимальный набор данных, необходимых для обучения алгоритма, представлены исходные данные и методы их получения, проведена нормализация информации и определен конечный набор данных для построения тестовой и валидационной выборки. Также изложены теоретические выкладки формирования модели градиентного бустинга LightGBM, применительно к поставленной задаче.*

***Ключевые слова:** Градиентный бустинг, машинное обучение, табличные данные, футбол.*

Введение

Задача предсказания исхода противостояния между спортивными клубами может быть решена с помощью различных методов машинного обучения, таких как логистическая регрессия, случайный лес, нейронные сети и другие. Для выбранной модели необходимо использовать такие различные метрики, как точность, полнота, F1-мера, ROC-кривая и т.д. для оценки качества. Также можно проводить кросс-валидацию для проверки стабильности модели на разных выборках данных. Для этого необходимо иметь набор данных, который содержит информацию о предыдущих матчах, статистику игроков и команд, условия игры и другие факторы, которые могут повлиять на результат.

Однако, необходимо понимать, что результаты предсказания могут быть неточными из-за специфики того или иного вида спорта, а также множества факторов, которые могут в той или иной степени повлиять на исход матча, таких как состояние игроков, условия игры, статистика по нескольким последним матчам, регламент текущего розыгрыша соревнования и другие. Поэтому необходимо учитывать факторы,

которые можно интерпретировать как значения, в модели предсказания для достижения удобоваримых результатов.

Для того чтобы построить модель решающую задачу предсказания исхода противостояния между спортивными клубами, необходимо провести предварительный анализ данных, включающий в себя очистку данных от выбросов и пропущенных значений, а также проведение нормализации данных и других подготовительных действий. Затем можно использовать различные алгоритмы машинного обучения для обучения модели на основе имеющихся данных

1. Задача предсказания результата спортивного противостояния

Рассмотрим начальные этапы решения задачи на примере игры в футбол.

Минимальным набором данных для формирования таблицы данных, которые впоследствии станут основой для обучения алгоритма и проверки его точности являются следующие сведения:

- название клубов, принявших участие в матче;
- сведения о том какая из соревнующихся команд принимает другую команду у себя на стадионе;
- итоговый счет;
- дата проведения матча и/или сезон, рамках которого происходит игра;
- информация о том какую страну представляет каждый из клубов;
- наименование соревнования, под чьей эгидой разыгрывается матч, его статус по формату проведения (чемпионат или кубок) и принадлежности к определенной стране (внутренний или международный).

Источниками подобной информации могут выступать спортивные СМИ и статистические порталы. Для подготовки данных, от качества которых сильно зависит конечный результат, необходимо использовать надежные площадки, обладающими данными за прошедшие года по множеству соревнований и возможностью поиска результатов матчей по нужным интервалам времени. Без специализированных на спортивной статистике ресурсов и площадок не обойтись.

За последние несколько лет информацию со статистических порталов можно было выгружать в свободном формате, сразу в удобный csv-файл, который при небольших поправках можно незамедлительно использовать в работе для получения необходимых данных и закономерностей. В данный момент времени такую возможность убрали из-за использования информации с этих порталов сторонними

организациями и выдачей их как за свои собственные. Приходится пользоваться внешними или самописными решениями для получения результатов в рамках каждой лиги и каждого сезона с помощью выполнения GET-запросов на целевые сайты. Извлечение информации вышеперечисленным способом называют скрапингом.

В качестве входных данных будут выступать результаты матчей за последние несколько лет. Выборка включает матчи первых и вторых лиг Европы, матчи национальных кубков и суперкубков, а также переходные матчи. Также в выборке будут присутствовать матчи еврокубков. В качестве источников будут использоваться проверенные временем статистические порталы [1, 2] как наиболее доступные из достоверных источников информации.

Наполнение информации по различным соревнованиям может отличаться от одного турнира к другому. Также данные по матчам внутри чемпионата страны отличаются от игр межконтинентального кубка в силу формата проведения соревнования: в раундах на вылет не может быть зафиксирована ничья по итогам встречи. Поэтому данные, полученные со статистических порталов, необходимо минимально обработать для их нормализации.

В качестве исходного источника данных используется выгрузка в виде csv-файла с портала [1]. В таблице ниже представлено 28 уникальных параметров, по которым оценивается каждый из матчей.

Далее производится первичная обработка исходного csv-файла с параметрами из таблицы, и на его основе формируется другой csv-файл, содержащий в себе следующий преобразованный набор информации (рис. 1):

- `date` – дата проведения матча (параметр `matchTime` из таблицы);
- `home_team` – наименования клуба, который является «домашней» командой в рамках данного матча (`homeTeamName`);
- `away_team` – наименования клуба, который является «гостевой» командой в рамках данного матча (`awayTeamName`, если матч играется на нейтральном поле, то признак «домашняя» и «гостевая» применяется формально по определенным правилам, зависящим от конкретного турнира);
- `home_score` – количество мячей, забитых «домашней» командой в рамках данного матча (`homeTeamScore`);
- `away_score` – количество мячей, забитых «гостевой» командой в рамках данного матча (`awayTeamScore`);
- `notes` – примечания по матчу: окончание матча в дополнительное время, по серии пенальти, техническое поражение, матч был прерван, матч был отменен и не будет сыгран (`matchState`);

– country – наименование страны или еврокубкового турнира, в рамках которого проводится матч (reigon).

Таблица

Выгружаемые метрики из [1]

Attacks/awayTeamValue	Attacks/homeTeamValue
Ball Possession/awayTeamValue	Ball Possession/homeTeamValue
Blocked Shots/awayTeamValue	Blocked Shots/homeTeamValue
Completed Passes/awayTeamValue	Completed Passes/homeTeamValue
Corner Kicks/awayTeamValue	Corner Kicks/homeTeamValue
Dangerous Attacks/awayTeamValue	Dangerous Attacks/homeTeamValue
Expected Goals (xG)/awayTeamValue	Expected Goals (xG)/homeTeamValue
Fouls/awayTeamValue	Fouls/homeTeamValue
Free Kicks/awayTeamValue	Free Kicks/homeTeamValue
Goal Attempts/awayTeamValue	Goal Attempts/homeTeamValue
Goalkeeper Saves/awayTeamValue	Goalkeeper Saves/homeTeamValue
Offsides/awayTeamValue	Offsides/homeTeamValue
Red Cards/awayTeamValue	Red Cards/homeTeamValue
Shots off Goal/awayTeamValue	Shots off Goal/homeTeamValue
Shots on Goal/awayTeamValue	Shots on Goal/homeTeamValue
Tackles/awayTeamValue	Tackles/homeTeamValue
Throw-ins/awayTeamValue	Throw-ins/homeTeamValue
Total Passes/awayTeamValue	Total Passes/homeTeamValue
Yellow Cards/awayTeamValue	Yellow Cards/homeTeamValue
awayTeamName	awayTeamScore
homeTeamName	homeTeamScore
League	matchState
matchTime	region

– league – наименование соревнования с дополнительной информацией, в рамках которого проводится матч;

- season – сезон проведения турнира (актуально для национальных лиг, где сезон проводится в рамках одного календарного года, проставляется вручную для каждого турнира);
- tournament_type – тип турнира, в рамках которого проводится матч: первая лига, вторая лига или кубок (поставляется вручную для каждого турнира).

date	!r home_team	! away_team	! home_score	! away_score	! notes	! country	! league	! season	! tournament_type
02.08.2017	CSKA Moscow (Rus)	AEK Athens FC (Gre)	1	0		Champions League	Champions League - Qualification		cups
03.08.2017	Vasco	Cruzeiro	0	3		Brazil	Serie A		2017 first
03.08.2017	Athletico-PR	Avaí	5	0		Brazil	Serie A		2017 first
03.08.2017	Sao Paulo	Coritiba	1	2		Brazil	Serie A		2017 first
03.08.2017	Atlantas	Kauno Zalgiris	1	1		Lithuania	A Lyga		2017 first
03.08.2017	Bornis	Tskhovteli	4	1		Georgia	Crystalbet Erovnulli Liga 2		2017 second
03.08.2017	Guria	Samguruli	1	0		Georgia	Crystalbet Erovnulli Liga 2		2017 second
03.08.2017	Merani Martvili	Meshakhte Tbiluli	1	0		Georgia	Crystalbet Erovnulli Liga 2		2017 second
03.08.2017	WIT Georgia	Gagra	3	2		Georgia	Crystalbet Erovnulli Liga 2		2017 second
03.08.2017	Kuressaare	Levadia L121	4	1		Estonia	Esiliiga		2017 second
03.08.2017	Maardud	Infonet Tallinn II	2	3		Estonia	Esiliiga		2017 second
03.08.2017	Junior (Col)	Dep. Cali (Col)	2	2	1 Pen	Copa Sudamericana	Copa Sudamericana		2017 cups

Рис. 1. Пример данных из csv-файла после первичной обработки

В качестве следующего этапа работ необходимо дополнительно обработать полученные данные. В полученных данных необходимо позаботиться о проблеме дублирования названий клубов — для решения разногласий к названию команды приписывается страна, в которой клуб базируется. Из выгрузки также необходимо извлечь технические поражения, а также игры с участием команд из низших лиг национальных чемпионатов. Всего планируется использовать результаты около 80 тысяч матчей.

Далее производится проверка команд на дубли в наименовании, отсекаются матчи с совсем безызвестными клубами, информация о встрече с которыми не несет в себе какой-либо информации о клубе в целом, ищем финальные матчи кубков для того, чтобы определить эти матчи как нейтральные.

Затем выбираем состоявшиеся матчи с помощью фильтрации по полю notes и исключаем его из выборки. После к данным добавляем три столбца: идентификатор матча (match_id), имя турнира (tournament) и исход матча (outcome). Идентификатор необходим для определения матча. Имя турнира состоит из страны, в рамках чемпионата которой проходят соревнования, и типа турнира: первая лига («First»), вторая лига («Second»), кубок («Cups») или суперкубок («Super_cups»). В столбец исхода матча помещаем данные о том, как завершился матч: победой «домашней команды» («H»), ничьей («D») или победой «гостевой команды» («A»).

По итогу работ с данными, для формирования тестовой и валидационной выборки используется конечный обработанный набор данных (рис. 2). При работе использовался язык программирования

Python. Для работы с табличными данными использовался фреймворк pandas.

match_id	date	home_team	away_team	home_score	away_score	country	league	season	tournament_type	tournament	outcome
80217	03.06.2023	Akhmat Grozny	Krasnodar	2	2	Russia	Premier League	2022	1	Russia. First	D
80218	03.06.2023	CSKA Moscow	FK Rostov	4	1	Russia	Premier League	2022	1	Russia. First	H
80219	03.06.2023	Krylya Sovetov	Spartak Moscow	1	0	Russia	Premier League	2022	1	Russia. First	H
80220	03.06.2023	Lokomotiv Moscow	Torpedo Moscow	3	1	Russia	Premier League	2022	1	Russia. First	H
80221	03.06.2023	Nizhny Novgorod	Khimki	2	0	Russia	Premier League	2022	1	Russia. First	H

Рис. 2. Конечный обработанных набор данных

2. Использование обработанных данных для построения модели

Строить модель будем, используя знание, что голы в футболе имеют распределение Пуассона [3]. Сумма независимых пуассоновских случайных величин (т.е. общее количество забитых каждой из команд в рамках одного конкретного матча мячей) также имеет распределение Пуассона. Однако в футболе побеждает тот, кто забивает больше и пропускает меньше. Поэтому нам интересна разница голов, а она имеет распределение Скеллама [4].

Модели градиентного бустинга [5] продемонстрировали впечатляющую производительность при работе с табличным данным в качестве обучающей выборки [6]. Градиентный бустинг является одним из алгоритмов машинного обучения, в котором используются деревья решений, которые последовательно обучаются друг от друга. Сначала дерево решений подгоняется к данным, а следующее дерево подгоняется к остаткам (они становятся метками) от предсказания предыдущего и так далее. Количество построенных деревьев является гиперпараметром, также как и глубина каждого дерева. Последующие деревья предсказывают наблюдения, которые были плохо предсказаны предыдущими деревьями. Предсказания итоговой ансамблевой модели представляют собой взвешенную сумму предсказаний, сделанных предыдущими деревьями.

Для этого исследования будет построена модель машинного обучения с использованием модели градиентного бустинга LightGBM [7] для прогнозирования количества голов для соревнующихся в контексте одного матча команд. Выбор этой модели градиентного бустинга связан с наиболее быстрым нахождением оптимального дерева решений среди альтернатив. Время обучения альтернатив превышает время обучения LightGBM от трех до пяти раз при незначительном ухудшении точности предсказания [7].

Обучение модели LightGBM сводится к прогнозированию количества голов, которое забьет команда. Для каждого матча получим два прогноза количества голов для домашней и гостевой команды. Фактически данные прогнозы являются математическими ожиданиями

голов, которые мы можем использовать в качестве параметров для функции вероятности Скеллама:

$$p(k, \mu_1, \mu_2) = -\exp(-(\mu_1 + \mu_2)) \left(\frac{\mu_1}{\mu_2} \right)^{\frac{k}{2}} I_k \left(2\sqrt{\mu_1 \mu_2} \right), \quad (1)$$

где I_k — модифицированная функция Бесселя [8], k — разница в забитых мячах «домашней» команды относительно «гостевой». Таким образом, если $k > 0$, то значение функции вероятности равно вероятности победы первой команды, для $k = 0$ мы получили вероятность ничьей, и, наконец, если $k < 0$, мы получаем вероятность победы второй команды. Параметры μ_1 и μ_2 — это средние значения двух величин (применительно к данной задаче — это голы), распределенных по Пуассону.

$$p(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \exp(-\lambda), \quad (2)$$

где k — количество событий или забитых голов и λ — математическое ожидание случайной величины, то есть количество ожидаемых забитых голов, применительно к данной задаче.

Стоит отметить, что данная схема с предсказанием количества забитых голов, где берется за основу распределение Пуассона и разницы этих величин, используемых в распределении Скеллама, является истинным только для игры в футбол из множества игровых видов спорта из-за того, что он является низко результативным и случайные события имеют большое влияние на итоговый результат [9].

Также для обучения модели будут использоваться следующие признаки, применяемые к каждому отдельному матчу для каждой из сражающихся команд, рассчитываемые на основе набора данных из итогового csv-файла с рис. 2:

- играет ли команда дома;
- среднее количество голов, которое команда забила за последние 5, 10, 20, 30 матчей;
- среднее количество голов, которое команда соперника пропустила за последние 5, 10, 20, 30 матчей;
- наименование соревнования, в рамках которого происходит встреча команд;
- среднее количество голов, которое команда забила дома или на выезде за последние 5, 10, 20, 30 матчей;

– среднее количество голов, которое команда соперника пропустила на выезде или дома за последние 5, 10, 20, 30 матчей.

Заключение

В ходе работы были рассмотрены мероприятия для подготовки данных в рамках задачи предсказания исхода спортивного матча с использованием модели градиентного бустинга, начиная от начального сбора сведений и заканчивая подачей подготовленных данных на вход модели.

Предложенный алгоритм подготовки данных является актуальным, как и для других командных видов спорта, так и для других задач, где в качестве исходной информации используются табличные данные. В зависимости от задачи будет отличаться лишь набор исходных данных и целевая переменная, к поиску значению которой сводится поставленная задача.

Список литературы

1. Football Live Scores, Latest Football Results [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.flashscore.com/> (дата обращения 16.01.2024).
2. Football Statistics and history [Электронный ресурс]. – URL: <https://fbref.com/en/> (дата обращения 16.01.2024).
3. Medium [Электронный ресурс]. – URL: <https://medium.com/@ricardoandream/poisson-distribution-to-predict-match-results-c4032dcef949> (дата обращения 16.01.2024).
4. Gan, H. L. Approximation of the difference of two Poisson-like counts with Skellam / H. L. Gan, Eric D. Kolaczyk // PR. – 2018. – DOI: 10.48550/arXiv.1708.04018.
5. He, Z. Gradient Boosting Machine: A Survey / Zhiyuan He, Danchen Lin, Thomas Lau and Mike Wu // ML. – 2019. – DOI: 10.48550/arXiv.1908.06951.
6. Borisov, V. Deep Neural Networks and Tabular Data: A Survey / Vadim Borisov, Tobias Leemann, Kathrin Seßler, Johannes Haug, Martin Pawelczyk, Gjergji Kasneci // LG. – 2017. – DOI: 10.48550/arXiv.2110.01889.
7. So, B. Enhanced Gradient Boosting for Zero-Inflated Insurance Claims and Comparative Analysis of CatBoost, XGBoost, and LightGBM / Banghee So // LG. – 2023. – DOI: 10.48550/arXiv.2307.07771.
8. Сабурова, В. И. Функции Бесселя и их свойства / В. Сабурова // Молодой ученый. — 2017. — № 45 (179). — С. 4-8.
9. Gürkan, O. Analysis of Goals Scored in UEFA Champions League by the Time Periods / Oğuz Gürkan, Göktuğ Ertetik, Sürhat Müniroğlu / 2017. – DOI: 10.14486/IntJSCS660.

Подготовка набора данных для обучения шумоподавляющей нейронной сети с аппроксимацией чистых изображений

А. С. Коваленко, email: akov@sfedu.ru
Я. М. Демяненко, email: demyana@sfedu.ru

Южный Федеральный Университет

***Аннотация.** Задача подавления шума на изображениях является одной из самых распространенных задач в области цифровой обработки изображений. Глубокие сверточные сети стали популярным и эффективным инструментом для большинства задач обработки изображений, включая шумоподавление. Как правило, их высокое качество работы объясняется способностью нейронных сетей изучать априорные признаки изображения на большом количестве примеров из обучающих данных. Использование набора данных, где чистые изображения содержат некоторую компоненту шума, приводит к запоминанию сети этого шума или эффекту размывания обработанных ею изображений. В этой работе предлагается способ получения выровненных пар изображений, где чистые изображения из этих пар содержат чистую компоненту сигнала изображения.*

***Ключевые слова:** набор данных, обработка изображений, глубокое обучение, шумоподавление изображений, сверточные сети.*

Введение

Подавление шума на изображениях является одной из самых распространенных задач в области цифровой обработки изображений. Наилучшие результаты решения данной проблемы демонстрируют сверточные нейронные сети [1]. Но в сравнении с классическими методами устранения шума на цифровых изображениях [2] они требуют предварительного этапа обучения. Во время обучения производится настройка параметров нейронной сети с помощью методов стохастической оптимизации на основе обучающего набора данных. При этом качество работы обучаемой модели зависит не только от разработанной архитектуры, но и от обучающей выборки. Размер обучающих наборов данных, а также качество примеров из этих наборов влияет на точность работы нейронной сети. Данные свойства рассматриваются авторами работ [3] и [4]. Следовательно, при подготовке экспериментов необходимо стремиться использовать данные, которые содержат наименьше количества шума в разметке. В связи с

тем, что имеющиеся в открытом доступе наборы данных не предоставляют чистых изображений для обучения моделей, в данной работе предлагается усовершенствованный подход для получения такого набора.

При решении задачи подавления шума на цифровом цветном изображении рассматривается матрица \tilde{I} , которая содержит сумму матрицы полезного дискретного сигнала I и матрицы K с шумом. Постановка задачи примет вид (1). Матрицы I , \tilde{I} и K имеют одинаковую размерность, приведенную в формуле (2), где H и W – размеры трехканального изображения. В качестве функции отображения из пространства матриц изображений с шумом в пространство матриц чистых изображений рассматривается модель нейронной сети.

$$I = f(\tilde{I}), \tilde{I} = I + K \quad (1)$$

$$I, \tilde{I}, K \in R^{3 \times H \times W} \quad (2)$$

В таком случае набор данных для обучения шумоподавляющей модели будет состоять из пар изображений \tilde{I} и I . Существует два основных способа получения такого набора данных.

В первом случае необходимо собрать набор только чистых изображений, а затем добавить к ним шум из заданного распределения. Таким распределением может выступать Гауссово распределение или распределение Бернулли. Например, авторы работы «Multi-level Wavelet-CNN for Image Restoration» [5] используют наборы изображений Set5, Set14, BSD100 и Urban100, которые содержат изображения без шума. Во время обучения модели к пикселям изображений прибавляется добавочный Гауссов шум с изменяемым параметром среднеквадратичного отклонения σ . Пары изображений описываются формулой (3).

$$(I_i, I_i + N(0, \sigma)), i \in [1, N] \quad (3)$$

Во втором случае, принимаемая на вход моделью матрица \tilde{I} содержит реальное изображение, полученное с помощью цифровой матрицы. Для получения такого набора данных необходимо собирать пары кадров, содержащих одинаковое изображаемое пространство, но с различными условиями съемки. Авторы широко распространенного набора данных Smartphone Image Denoising Dataset (SIDDD) [6] используют съемку одинаковой сцены, но с разными настройками уровня светочувствительности матрицы и времени выдержки кадра. Светочувствительность сенсоров цифровых камер представлена в виде эквивалента чувствительности согласно стандарту «the International

Organization for Standardization (ISO)» определенной пленки. Повышение ISO приводит к уменьшению пикового отношения сигнала к шуму, что показывают авторы работы [7]. Набор SIDD предоставляет снимки с минимальным ISO в качестве чистых изображений, а кадры, снятые с повышенным ISO и уменьшенной выдержкой, как изображения, содержащие шум. В отличие от первого способа с добавлением шума, данный подход позволяет обучать модель на шуме изображений реального мира.

1. Существующие наборы обучающих данных

Для рассмотрения были взяты наборы, изображения из которых выложены авторами в открытый доступ. На данный момент широкое применение имеют следующие наборы данных для обучения шумоподавляющих нейронных сетей:

1. Smartphone Image Denoising Dataset (SIDD) [6] предоставляет реальные зашумленные изображения и соответствующие им чистые изображения. Обучающая часть набора содержит 320 изображений высокого разрешения, а проверочная часть содержит 1280 пар изображений, имеющих размер 256 на 256 точек. Съемка производилась на 5 мобильных устройств с КМОП сенсорами.
2. Набор PolyU [8] содержит изображения 40 различных сцен, снятых на 10 камер. Используемые камеры построены на КМОП матрицах. Авторами использовались сенсоры камер, как смартфонов, так и полноразмерных камер. Основная идея данной работы состоит в том, чтобы захватить одну и ту же неизменную сцену много раз и вычислить по полученным кадрам среднее изображение, которое можно грубо принять за «чистое» изображение.
3. Nam [9] содержит кадры 11 статичных сцен и соответствующие им бесшумные изображения, полученные из 500 снимков высокого разрешения с шумом одной и той же сцены.

Но данные наборы имеют ряд недостатков, вносящих ошибки в процесс обучения модели.

В парах выровненных кадров из PolyU могут содержаться различные варианты сцены, пример приведен на рис. 1. На данном примере можно увидеть, что на одном из кадров у прибора включена подсветка, а на другом нет. Такие данные вносят шум в процесс обучения, что может снижать качество работы обучаемой модели.

Также на качество обучения моделей влияет остаточный шум на чистых кадрах, снятых при низком значении ISO. Кадры с низким уровнем светочувствительности все равно содержат компоненту шума в

связи с физическим устройством сенсора, при котором сигнал с каждого пикселя матрицы усиливается [10]. Таким образом кадры из набора SIDD, полученные с помощью применение настроек с низким ISO не предоставляют идеальные изображения без шума.



Рис. 1. Часть чистого кадра Nikon800_desk_20 и парного для него с шумом из набора данных PolyU

Пара изображений из валидационной части набора SIDD изображена на рис. 2. На приведенном примере видно, что предположительно чистое изображение из набора содержит шум.

При обучении модели на парах из набора SIDD, модель f приближает отображение из входных изображений с шумом, во множество изображений с некоторым дополнительным шумом (4), где I – матрица чистого изображения, α и β – распределения шума на изображениях.

$$f(I + \alpha(I)) = I + \beta(I) \quad (1)$$

В таком случае модель переобучается на наборе данных с шумом β , хотя по постановке задачи модель должна учиться предсказывать чистое изображение I . Такое отображение приведено в формуле (5).

$$f(I + \alpha(I)) \rightarrow I \quad (2)$$

Решением данной проблемы может являться подход, при котором съемка серии кадров происходит с последующим усреднением. Такой подход используют авторы работ [8] и [9]. Но набор PolyU содержит ошибки при формировании пар изображения. А также последовательная съемка большой серии кадров приводит к нагреву сенсора камеры. Увеличение температуры КМОП сенсора приводит к увеличению шума

на получаемых снимках. Данный эффект демонстрируют авторы работы [11].

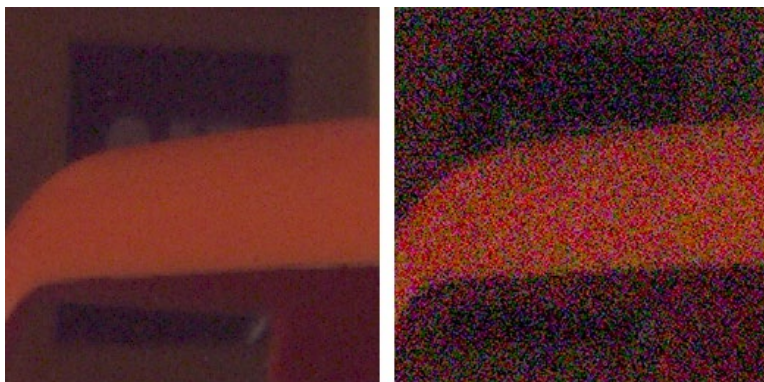


Рис. 2. Пример из набора SIDD: слева чистое изображение, справа изображение с шумом

Поскольку существующие наборы имеют свои недостатки, в данной работе предлагается усовершенствованный метод для получения выровненного набора данных с чистыми изображениями, содержащими минимальное количество шума.

2. Подготовка набора данных

Для получения примеров нового набора данных производилась съемка статичных сцен при достаточном уровне освещения. Настройка светочувствительности сенсоров камер была близкой к нативному ISO. За нативный уровень светочувствительности принимается ISO, при котором процессор обработки сигнала в камере не производит программного усиления сигнала. При таких условиях необходимо производить съемку не одного кадра, а серии кадров. При усреднении кадров из серии будет получаться приближение матрицы чистого изображения, представленного в формуле (6).

$$\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} I_i \xrightarrow{N \rightarrow +\infty} I \quad (3)$$

Для получения кадра с шумом \tilde{I} применяются неоптимальные настройки камеры с завышенной светочувствительностью и низкой выдержкой, что позволяет повышать уровень шума на снимке при сохранении общей экспозиции кадра [7].

На съемку большого количества снимков накладываются некоторые ограничения, связанные с повышением температуры сенсора камеры, что приводит к появлению дополнительных шумов на изображении [11]. Для определения оптимального количества кадров в серии были проведены эксперименты с полнокадровой камерой Sony A7C и основной камерой смартфона iPhone 13, имеющей кроп-фактор 5.6. Световые характеристики изображаемой сцены замерялись с помощью прибора Quarta RADEX Lupin. Данный прибор позволяет измерить уровень освещенности, яркости и пульсации света.

Для освещения сцены, отображаемой в наборе данных, использовались следующие осветители: GODOX SL100Bi (LT1), RAYLAB BL-LED12RGB-BI (LT2), RAYLAB RL-LED10R (LT3). Перечисленные приборы имеют заявленный производителем индекс цветопередачи $\geq 96\%$. Данные приборы дальше в тексте имеют соответствующие названия LT с порядковым номером прибора.

Для оценки влияния количества подряд снятых кадров на содержания шума в них производилась съемка статичной сцены с интервалом в 1 секунду между кадрами. Для камеры устройства iPhone 13 было выставлено нативное значение ISO равное 34, а для камеры Sony A7C: ISO равным 100. Кадры сравнивались с первым кадром серии, так как он был произведен при ненагретом сенсоре. Для оценки использовалась метрика пикового отношения сигнала к шуму (Peak Signal-To-Noise Ratio), обозначаемая аббревиатурой PSNR и вычисляемая по формулам (7) и (8).

$$MSE(I, K) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I_{ij} - K_{ij}|^2 \quad (4)$$

$$PSNR(I, K) = 10 \log_{10} \frac{m}{MSE(I, K)}, m = \max(I)^2 \quad (5)$$

Для смартфона график отклонения кадров от первого снимка приведен на рис. 3. Для полнокадровой камеры Sony график приведен на рис. 4.

По графикам можно увидеть, что при длительной съемке отклонение кадров у камеры смартфона намного выше, чем у полнокадрового сенсора. Для построения аппроксимации чистого кадра выбрано $N = 10$, и чистый кадр принимает вид (9).

$$I = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} I_i \quad (6)$$



Рис. 3. Влияние количества подряд снятых кадров на отклонение от первого кадра (iPhone 13)



Рис. 4. Влияние количества подряд снятых кадров на отклонение от первого кадра (Sony A7C)

3. Описание набора данных

Набор данных содержит кадры сцен с 4 различными наборами изображаемых объектов. Данные сцены снимались с 4 схемами освещения. Комбинации настроек осветительных приборов и показания замеров яркости и освещенности приведены в табл. 1. Приборы LT1 и LT2 позволяют получать разные цвета освещения, настройка производится в цветовом пространстве HSV.

Для сбора данных параметр насыщенности оттенка Saturate был зафиксирован на 100%, меняется только значение Hue. Цветовая

температура прибора LT1 была фиксированной и составляла 5600К. Уровень пульсации для всех снимаемых сцен составлял < 0.7%, что означает одинаковые условия освещения для всех кадров из серии.

Таблица 1

Характеристики света у снимаемых сцен

Номер сцены	1	2	3	4	5	6	7	8
Яркость LT1	90	50	50	50	0	0	0	0
Яркость LT2	0	92	92	92	92	92	92	92
Яркость LT3	0	80	80	80	92	92	92	92
Нue LT2	-	180	0	120	120	0	240	180
Нue LT3	-	180	0	120	120	0	240	180
Освещенность сцены (люкс)	530	330	343	361	391	278	71	256
Яркость сцены (кд/м2)	151	95	103	108	117	117	19	75

Для оценки отклонения изображений с шумом от полученных усреднением чистых изображений были построены метрики PSNR и структурного сходства изображений (Structure Similarity Image Metric), обозначается аббревиатурой (SSIM). Метрики строились по всем сценам и группировались по уровням ISO для каждой камеры. Построенные метрики приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения метрик для собранного набора данных

Устройство	ISO	Выдержка (сек.)	E [PSNR]	STD [PSNR]	E [SSIM]	STD [SIMM]
iPhone 13	100	1/10	29.36	4.66	0.86	0.02
iPhone 13	200	1/20	25.56	1.78	0.83	0.04
iPhone 13	400	1/40	27.94	4.20	0.82	0.05
iPhone 13	800	1/80	24.72	1.8	0.81	0.03
Sony A7C	250	1/25	45.22	1.21	0.98	0.01

Устройство	ISO	Выдержка (сек.)	E [PSNR]	STD [PSNR]	E [SSIM]	STD [SIMM]
Sony A7C	500	1/50	41.66	1.4	0.95	0.01
Sony A7C	2000	1/200	37.02	1.96	0.87	0.04
Sony A7C	4000	1/400	34.85	1.82	0.81	0.05
Sony A7C	8000	1/800	34.12	0.66	0.83	0.04
Sony A7C	16000	1/1600	30.53	0.93	0.79	0.02

Для мобильного устройства iPhone 13 отклонение выборки с низким ISO уже существенное. Следовательно кадры, снятые при хороших условиях и оптимальных настройках, все еще содержат значительную долю шума. За счет размера сенсора и высокого качества съемки, кадры, полученные полнокадровой камерой, демонстрируют минимальное отклонение от усредненного кадра.

Заключение

Построен набор данных для обучения шумоподавляющих нейронных сетей, содержащий 50 пар выровненных изображений высокого разрешения с разным уровнем шума. Предлагаемый способ позволяет строить набор данных, состоящий из выровненных пар изображений. Такой формат позволяет использовать полученный набор данных для обучения моделей, подавляющих шум на цифровых изображениях. Использование усреднения только кадров, снятых при хороших условиях, позволяет аппроксимировать теоретическое чистое изображение. За счет изначально малого содержания шума в таких кадрах удастся использовать небольшое количество подряд идущих кадров. Это позволяет минимизировать влияние температуры на получаемую выборку снимков. Предобработанный и выровненный набор данных для обучения моделей доступен для скачивания по следующей ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/NVbAUX40K1EeFg>

Список литературы

1. Гилязетдинов, Е. В. Устранение шумов в изображениях с помощью нейронных сетей / Е. В. Гилязетдинов, Б. Д. Коновалов // E-Scio. – 2019. – Т. 33, № 6.

2. Стецюк, В. Б. Методы устранения шумов на изображениях / В. Стецюк // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2019. – Т. 2. – С. 176–178.
3. How Training Data Affect the Accuracy and Robustness of Neural Networks for Image Classification / S. Lei, H. Zhang, K. Wang, Z. Su. – 2018 [Электронный ресурс] : Электрон. журн. – Режим доступа: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:146116161>
4. Impact of quality, type and volume of data used by deep learning models in the analysis of medical images / A. Luca et al. // Informatics in Medicine Unlocked. – 2022. – Vol. 29. – P. 100911.
5. Multi-Level Wavelet-CNN for Image Restoration / P. Liu et al. // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition workshops. – 2018. – P. 773–782.
6. Abdelhamed, A. High-Quality Denoising Dataset for Smartphone Cameras / A. Abdelhamed, S. Lin, M. Brown // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2018. – P. 1692–1700.
7. Hasinoff, S. W. Noise-optimal capture for high dynamic range photography / S. W. Hasinoff, F. Durand, W. T. Freeman // 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2010. – P. 553–560.
8. Real-world Noisy Image Denoising: A New Benchmark / J. Xu, H. Li, Z. Liang [Электронный ресурс] : Электрон. журн. – Режим доступа: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4715123>
9. A Holistic Approach to Cross-Channel Image Noise Modeling and Its Application to Image Denoising / S. Nam et al. // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2016. – P. 1683–1691.
10. Brouk, I. Analysis of noise in CMOS image sensor / I. Brouk, A. Nemirovsky, Y. Nemirovsky // IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems. – 2008. – P. 1-8.
11. Measured effects of temperature on illumination-independent camera noise / K. Irie et al. // 24th International Conference Image and Vision Computing New Zealand. – 2009. – P. 249–253.

Изучение и оценка производительности IDS-IPS решений

А. С. Коваль, email: koval@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В работе рассматривается стенд для изучения аппаратно-программных сетевых экранов типов IDS/IPS (Intrusion Detection/Protection System) и для оценки производительности распространенных решений в этой области.*

***Ключевые слова:** сетевой экран, система обнаружения вторжений, COB, Intrusion Detection System, IDS, система предотвращения вторжений, CIPB, Intrusion Protection System.*

Введение

Более подробный анализ и более точная классификация сетевого трафика – актуальные требования современного этапа развития инфокоммуникационных систем. Эти требования обусловлены прежде всего задачами информационной безопасности, а также оптимизацией использования ресурсов сетевой инфраструктуры, проводящейся компаниями-поставщиками услуг связи (провайдерами). Более подробный анализ, выполняющийся в рамках концепции «глубокого анализа пакетов» (DPI, deep packet inspection), для реализации требует гораздо более высокой производительности соответствующего оборудования, усложняет алгоритмы обработки трафика, а также настройку такого оборудования. Поэтому актуальной задачей является создание стендов для изучения студентами и инженерами IDS/IPS решений и оценки их производительности перед развертыванием в реальной инфраструктуре.

Виртуальные и физические стенды

Организация работы стандартной группы студентов с аппаратно-программными средствами IPS/IDS (реальным физическим стендом) напрямую – довольно сложна. Собрать и разместить в лаборатории индивидуальные стенды для каждого студента группы – невозможно. Работа всей группы с одним стендом – неэффективна. Предлагается использовать концепцию виртуализации рабочих мест: предоставить терминальный доступ с обычного рабочего места студента (ПК) к виртуальным сетям, в которых находятся генераторы и приемники

трафика в виде виртуальных машин (ВМ). В этих сетях (уже физически) присутствует изучаемое IDS/IPS оборудование (рис. 1).

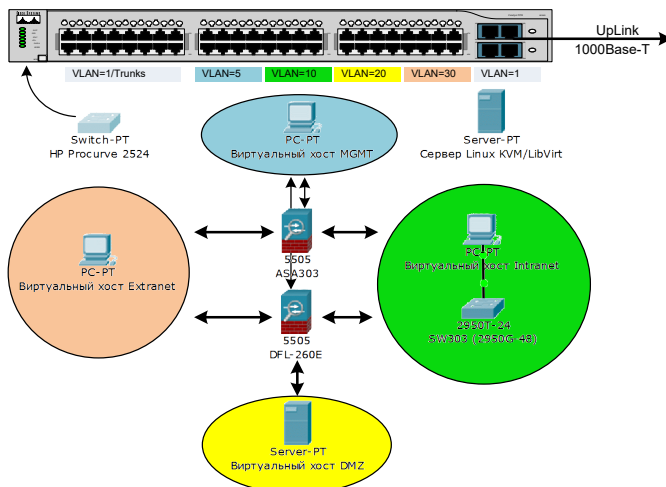


Рис. 1. Схема стенда

На рис.1 показаны 4 VLAN сети полностью изолированные от корпоративной сети ВГУ, соединенной с UpLink портом коммутатора. В корпоративной сети ВГУ находится сервер виртуализации «Linux KVM/Libvirt», на котором созданы ВМ. К ВМ подключаются студенты с компьютеров лаборатории. ВМ размещены в сетях классической архитектуры сетевого экранирования: внешней (Extranet), внутренней (Intranet) и в демилитаризованной зоне (DMZ). Еще одна VLAN сеть (MGMT) – это выделенная сеть управления сетевым оборудованием.

Физическое оборудование: коммутатор, аппаратно-программные сетевые экраны и сервер виртуализации собраны в 19” шкафу (рис. 2) и могут быть подключены к корпоративной сети в любой точке.

Оценка производительность сетевых экранов

Метрики производительности сетевого оборудования обычно выбирают не только для оценки работоспособности в конкретных условиях применения, но и для сравнения результатов тестирования разных устройств и выбора наиболее подходящего. Поэтому целесообразно использовать стандартные метрики и методики [2]. Наиболее известными рекомендациями в этой области являются RFC 2544 [1], 2330 [3] и Y1564 [4]. RFC 2544 определяет методику

тестирования сетевого оборудования в виде шести тестов: Throughput (пропускная способность), Latency (задержка), Frame loss rate (потеря кадров), Back-to-back frames (кол-во кадров с минимальным интервалом, которые не вызывают потерь в течение 2 секунд), System recovery (время восстановления после повышенной нагрузки), Reset (время восстановления после сброса/аппаратной ошибки). Терминология этой рекомендации взята из предыдущей – RFC 1242.



Рис. 2. Сетевое оборудование стенда и сервер виртуализации

Архитектура стенда, описанная выше, подразумевает формирование генераторов и приемников трафика на виртуальных машинах в сетях Extranet, Intranet и DMZ. Внешний вид виртуальных рабочих мест представлен на рис. 3. Скриншот сделан в момент проведения нагрузочных тестов с разной интенсивностью трафика из сети Extranet в сеть Intranet через аппаратно-программный экран D-Link DFL-260E.

В таблице приводятся данные, полученные при посылке UDP трафика через сетевой экран DFL-260E. Были сформированы кадры с размером 1470 байт и, вызывающие фрагментацию, 1500-байтные. Результаты тестирования на примере DFL-260E показывают, что узким местом на стенде является тестируемое устройство, т.к. согласуются с заявленными характеристиками. Это означает, что результаты существенно не искажаются ограниченной производительностью средств виртуализации рабочих мест.

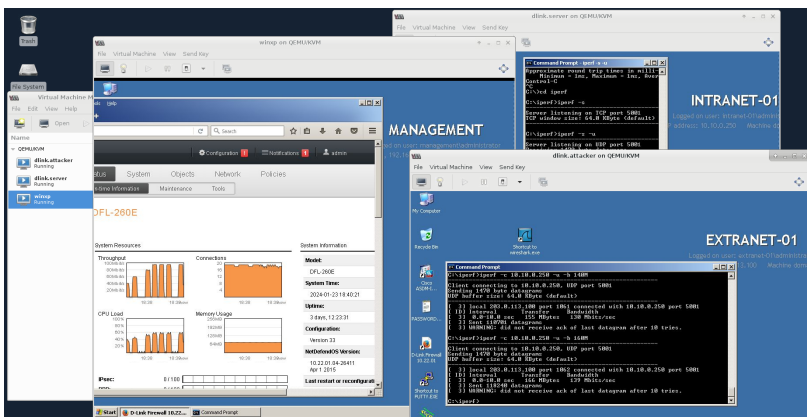


Рис. 3. Проведение тестирования с виртуальных рабочих мест

Таблица

Результаты нагрузочного тестирования

Вход, Мбит/с	Выход, Мбит/с	Загрузка процессора, %	Выход, Мбит/с (фрагм.)	Загрузка процессора, % (фрагм.)
10	10	15	10	20
20	20	25	20	40
40	40	35	39	50
60	59	42	58	60
80	79	50	76	70
100	96	55	95	70
120	111	58	109	75
140	128	58	124	75
160	146	58	135	75
180	150	58	137	80
200	153	58	137	78
400	173	60	160	80
600	179	63	165	80
800	192	63	163	80

Заключение

В работе рассматривается создание стенда для изучения и оценки производительности IDS/IPS решений. Стенд дает возможность проводить лабораторные занятия, а также оценку решений перед развертыванием. Приводятся данные тестов физических IDS/IPS стенда.

Список литературы

1. Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices [Электронный ресурс] : рекомендация IETF. – Режим доступа : <http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>
2. Niemann R. Performance Evaluation of netfilter: A Study on the Performance Loss When Using netfilter as a Firewall/ Niemann R., Pfingst U., Gobel R. // SoRR. – 2015. – № 1502.05487. – С. 1-7
3. Framework for IP Performance Metrics [Электронный ресурс] : рекомендация IETF. – Режим доступа : <http://www.ietf.org/rfc/rfc2330.txt>
4. Ethernet service activation test methodology [Электронный ресурс] : рекомендация ITU-T. – Режим доступа : <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1564-201602-I/en>

Разработка кроссплатформенного приложения для обнаружения признаков информации ограниченного доступа

Н. С. Колпаков, email: nik.kolpakov@inbox.ru

А. Ю. Иванков, email: ivankov@sc.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются различные решения в области DLP-систем, а также разработка собственного кроссплатформенного приложения, имеющего схожий функционал с DLP-системами.*

***Ключевые слова:** dlp-системы, информация ограниченного доступа, мониторинг файлов, персональные данные, классификация текста.*

Введение

В настоящее время, когда степень информатизации общества с каждым годом достигает все более высоких значений, все чаще встает вопрос о должной защите различного вида информации, которая теперь хранится в базах данных в оцифрованном виде и, ввиду этого, становится потенциально уязвима к кибератакам.

Особый интерес для злоумышленников всегда представляла и продолжает представлять информация конфиденциального характера. Это подтверждает исследование [1] компании InfoWatch, согласно которому количество утечек такой информации в мире за первое полугодие 2023 года составило 5532, что на 16,5 % больше по сравнению со вторым полугодием 2022 года и на 141% больше по сравнению с таким же периодом 2022 года (рис. 1).

Зачастую утечки конфиденциальной информации происходят по вине сотрудников компаний. Однако, несмотря на это, практически в каждой компании используются различные классификаторы документов, позволяющие относить их к той или иной категории конфиденциальности. Важным фактором для сохранения нужной информации в тайне является эффективная работа этих классификаторов.

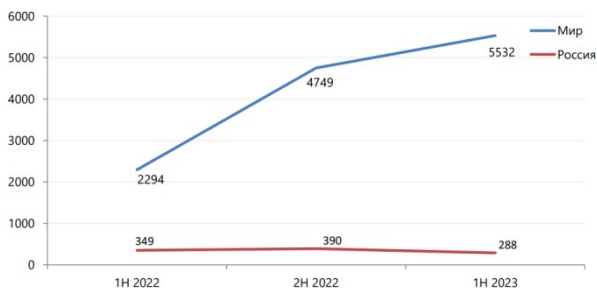


Рис. 1. Количество утечек данных в России и мире

1. Постановка задачи

Объектом исследования являются различные программные решения, позволяющие контролировать действия пользователей в системе, а также способные перехватывать и анализировать информацию на предмет наличия в ней признаков информации ограниченного доступа.

Цель работы – разработка кроссплатформенного приложения, имеющего сокращенный функционал DLP-системы, а также классификатор текста, способный анализировать информацию на наличие в ней признаков информации ограниченного доступа.

В процессе выполнения работы требуется выполнить следующие подзадачи:

- изучение предметной области, касаемой DLP-решений, а также анализа текстовой информации;
- рассмотрение основных и наиболее распространенных кроссплатформенных DLP-систем и их функционала;
- разработка собственного программного инструментария, имеющего некоторые функции существующих DLP-систем.

2. Анализ предметной области

DLP-системы (Data Leak Prevention) представляют собой решения, позволяющие контролировать потоки входящей и исходящей информации, анализировать ее, а также предотвращать ее утечки.[2]

В качестве предмета защиты в рамках деятельности компании зачастую выделяют следующие позиции:

- клиентская информация. Истории покупок, контакты и метрики для анализа по какой-либо активности;
- личная информация. Персональные данные и средства идентификации и аутентификации;

- финансовые данные;
- интеллектуальная собственность. Все данные и сведения, которые попадают под действия законодательства об интеллектуальной собственности и авторском праве;
- данные с ограничениями. Все данные и сведения, защищаемые государственными и федеральными законами. К таким данным также относятся внутренние документы компании.
- Помимо основной задачи, которая видна из названия, данные системы могут также применяться для:
 - контроля использования сотрудниками компании ресурсов и рабочего времени;
 - контроля правомерности действий сотрудников;
 - выявления признаков конфликтов между работниками, которые могут причинить вред компании. Выявление осуществляется через мониторинг общения и взаимодействия между сотрудниками;
 - вычисление «ненадежных» сотрудников, а также сотрудников, планирующих смену работы, для оперативного поиска новых специалистов, а также минимизации риска утечки данных вместе с увольняющимися кадрами.

Данные опции также хорошо помогают в решении поставленной проблемы, но все же они являются побочными. Более подробное описание, как работают DLP-системы в рамках своей главной задачи, представлено ниже, на рис. 2.



Рис. 2. Схематическое представление DLP-системы

Работоспособность системы подобного рода зависит от программного алгоритма, зачастую именуемого "ядром", который направлен на выявление и категоризацию корпоративной информации, нуждающейся в защите от неправомерного распространения, искажения, копирования, удаления и т. д.

3. Защищаемые DLP-системами данные

Так или иначе, DLP-системы стремятся отслеживать и в конкретных случаях ограничивать оборот конфиденциальных данных. Перед этим нужно отделить информацию ограниченного доступа и информацию, которую ограничивать не допускается. Согласно 149-ФЗ РФ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», нельзя ограничивать доступ к:

- нормативным правовым актам, затрагивающим права, свободы и обязанности человека и гражданина, а также устанавливающим правовое положение организаций и полномочия государственных органов, органов местного самоуправления;

- информации о состоянии окружающей среды;

- информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления, а также об использовании бюджетных средств (за исключением сведений, составляющих государственную или служебную тайну);

- информации, накапливаемой в открытых фондах библиотек, музеев и архивов, а также в государственных, муниципальных и иных информационных системах, созданных или предназначенных для обеспечения граждан (физических лиц) и организаций такой информацией;

- иной информации, недопустимость ограничения доступа к которой установлена федеральными законами.

- К другим данным, согласно уже Указу Президента РФ от 06.03.1997 № 188 «Об утверждении Перечня сведений конфиденциального характера», относятся следующие сведения [3]:

- персональные данные гражданина;

- тайна следствия и судопроизводства, а также сведения о лицах, в отношении которых в соответствии с различными федеральными законами принято решение о применении мер государственной защиты;

- служебные сведения, доступ к которым ограничен органами государственной власти в соответствии с законами РФ;

- сведения, связанные с профессиональной деятельностью, и составляющие профессиональную тайну (врачебную, нотариальную, адвокатскую и т.д.);

- сведения, связанные с коммерческой деятельностью, доступ к которым ограничен в соответствии с законами РФ;

- сведения о сущности изобретения, полезной модели или промышленного образца до официальной публикации информации о них.

4. Обзор существующих решений

Учитывая актуальность импортозамещения информационных ресурсов, а также Указ Президента Российской Федерации от 01.05.2022 г. № 250 «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации», в обзоре будут представлены только отечественные решения в области DLP-систем [4].

1. SearchInform

DLP-система «Контур информационной безопасности СерчИнформ» — клиент-серверное приложение со встроенными аналитическими инструментами. Ключевая возможность любой существующей DLP-системы является контроль различных потоков информации и, если потребуется, ее перехват [5].

Под контролем данной системы находятся сетевой трафик и пользовательские устройства. За перемещением данных по сети следит платформа NetworkController, а за пользовательскими компьютерами также, как и за активностями данных пользователей — платформой EndpointController.

Обнаружение признаков нарушения правомерности работы сотрудников компании осуществляется благодаря разным видам поиска (метаданные, тематические словари, регулярные выражения и цифровые отпечатки пальца).

2. Falcongaze Secure Tower

SecureTower представляет собой комплексное программное решение для защиты бизнеса от внутренних угроз. В качестве каналов, контролируемых системой, выступают те же, что и в прошлой, ранее рассмотренной. Среди новых можно выделить только буфер обмена и сетевые хранилища [6].

Контроль всей корпоративной информации достигается путем мониторинга максимального числа коммуникационных каналов и протоколов передачи данных. Далее, действия сотрудников автоматически анализируются и, если были нарушены правила безопасности, система мгновенно отправляет уведомление службе безопасности.

Как было сказано ранее, вся перехваченная из каналов связи информация подается на проверку автоматизированному анализатору на предмет наличия в ней конфиденциальных данных, а также на предмет нарушений. Анализатор предоставляет следующие функции:

- анализ общих связей между сотрудниками;
- анализ по цифровым отпечаткам;
- распознавание замаскированных файлов;
- поиск по хэш-функциям;

- анализ CAD-файлов.

3. Infowatch

Данная система работает похожим образом, что и ранее рассмотренные. В начале система перехватывает любые события, а дальше определяет, если в них факт утечки информации ограниченного доступа или иные неправомерные действия. Далее, идет автоматический анализ конфиденциальных данных в потоке событий. Затем следует реакция на событие и определение уровня угрозы. И напоследок все события сохраняются в определенную базу данных как доказательная база для возможных расследований инцидентов.

5. Программная реализация приложения

В рамках данной работы планируется разработка кроссплатформенного приложения, предназначенного для отслеживания действий пользователей для последующего анализа правомерности совершенной работы. Данная программа использует некоторые функции рассмотренных ранее DLP-систем, среди которых:

- контроль содержимого буфера обмена;
- контроль отправленных писем в почтовом ящике;
- контроль подключенных к устройству USB-накопителей и их проверка;
- мониторинг файловой системы выбранного каталога;
- блокировка определенных веб-сайтов;
- проверка содержимого файлов на наличие в нем признаков информации ограниченного доступа.

Само приложение разрабатывалось с целью его использования только на персональных компьютерах и на мобильных устройствах. Идея заключается в том, чтобы владельцу устройства была доступна информация о совершенных действиях другого пользователя в течение того времени, на которое владелец дал ему попользоваться устройством. Разработка планируется в два этапа: реализация десктопной и мобильной части функционала. На данный момент разработана только десктопное приложение. В нем есть функция закрытия после ввода пароля, который генерируется автоматически и сохраняется в базе данных. При попытке закрыть приложение без ввода выдается ошибка, а сама программа продолжает свою работу. Таким образом, возможность закрыть, а значит, прекратить действие приложения, есть только у владельца устройства.

Модули, из которых состоит приложение, проиллюстрированы ниже, на диаграмме классов (рис. 3).

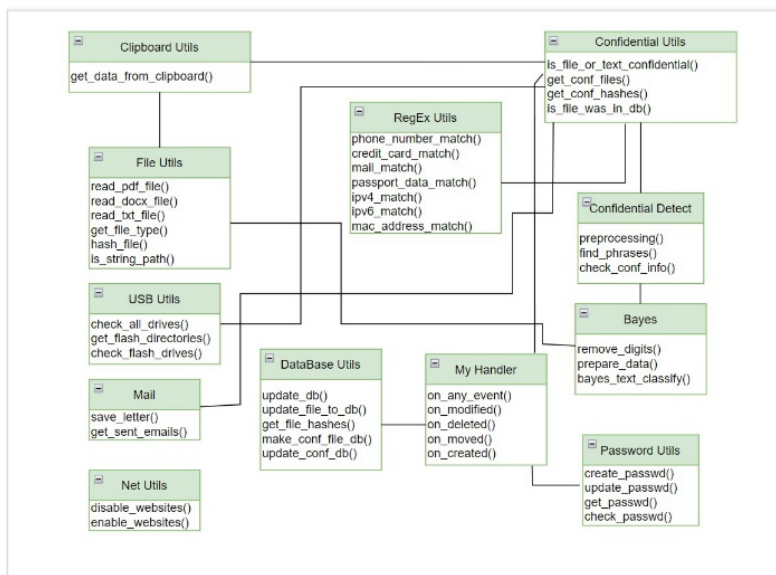


Рис. 3. Диаграмма классов приложения

Возможности пользователя при работе с программой показаны на use-case диаграмме, на рис. 4.

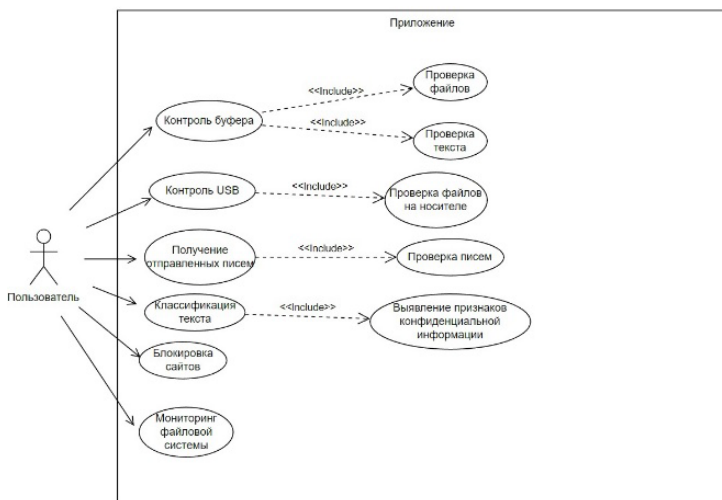


Рис. 4. Use-case диаграмма приложения

Общий алгоритм программы представлен ниже на блок-схеме, на рис. 5.

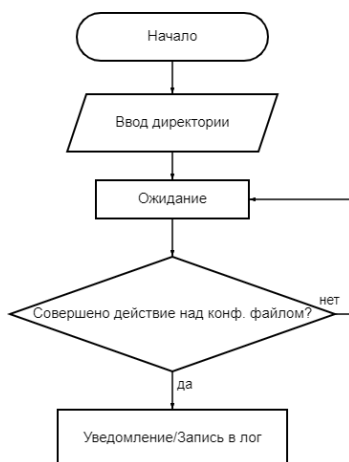


Рис. 5. Блок-схема общего алгоритма программы

В начале процесса идет ввод директории, относительно которой будет проводиться контроль (включая подкаталоги). Далее, идет ожидание совершения каких-нибудь операций с файлами (например, удаление или переименование) или содержимым буфера обмена. Если файл не состоит в базе данных файлов с признаками ограниченного доступа или в содержимом буфера обмена не представлено этих же признаков, то система просто выдает информацию о действии (после завершения работы программы все действия, выявленные системой, будут записаны и сформированы в отчет). В ином случае система выдает уведомление о совершенном действии, а также само действие запишет в лог, после чего продолжит свою работу в прежнем режиме.

В дальнейшем планируется реализация мобильной части приложения, а также использование нейронных сетей для анализа текста на предмет наличия в нем признаков информации ограниченного доступа.

Заключение

В рамках работы было проведено исследование по изучению основных методик выявления нарушений конфиденциальности информации, которые внедрены в десктопную часть разрабатываемого кроссплатформенного приложения, и которые в дальнейшем будут добавляться уже в мобильную часть.

Дополнительно был проведен обзор приложений-аналогов и анализ действующего законодательства по видам защищаемой информации, мерам и требованиям по ее защите, а также особенностям использования DLP-систем.

Список литературы

1. Утечки информации ограниченного доступа в Мире и России за первое полугодие 2023 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.infowatch.ru/sites/default/files/analytics/files/utechki-informatsii-ogranichenного-dostupa-v-mire-i-rossii-za-pervoe-polugodie-2023-goda.pdf>

2. Система защиты персональных данных: что это такое – SearchInform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://searchinform.ru/resheniya/biznes-zadachi/zaschita-personalnykh-dannykh/realizaciya-zashchity-personalnyh-dannyh/sistemy-zashchity-personalnyh-dannyh/>

3. Перечень сведений конфиденциального характера КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13532/0179b6b5a612a4e6b17de579e3589aa0526bfe79/

4. Указ Президента РФ "О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности РФ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://238.56.мвд.пф/document/30162210>

5. DLP для новой реальности: обзор «СерчИнформ КИБ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cisoclub.ru/dlp-dlya-novoj-realnosti-obzor-syorchinform-kib/>

6. Что такое DLP-система SecureTower? – Falcongaze [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://falcongaze.com/ru/product/what-is-the-secure-tower-dlp-system/>

Живучесть распределённых информационных систем

Е. В. Кошелев, email: lyutsian-zzz@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются распределённые информационные системы – виды особенности, характеристики, а так же методы и подходы оценки их живучести.*

***Ключевые слова:** распределённые информационные системы, отказоустойчивость, промежуточное программное обеспечение, живучесть.*

Введение

Распределенные информационные системы (РИС) представляют собой сложные сети взаимосвязанных компонентов, работающих параллельно и выполняющих различные функции, такие как хранение данных, обработка запросов, передача информации и другие. Важной характеристикой таких систем является их способность сохранять работоспособность в случае отказа одного или нескольких компонентов, бесперебойно обслуживать запросы пользователей и обеспечивать высокую степень надежности. Это позволяет обеспечить непрерывное функционирование системы, даже в условиях неблагоприятных обстоятельств.

Обеспечение бесперебойной и надежной работы распределенных информационных систем имеет критическое значение в современной информационной среде по нескольким ключевым причинам.

Во-первых, многие организации и предприятия зависят от своих РИС для выполнения важных операций, таких как обработка транзакций, управление базами данных, связь с конечными пользователями и другие. Прерывание работы таких систем может непосредственно влиять на репутацию компании, приводить к потере доходов и довести до недовольства клиентов.

Во-вторых, современные распределенные информационные системы часто хранят и обрабатывают большие объемы ключевой конфиденциальной информации, включая финансовые данные, персональные и коммерческие информацию. Несоблюдение безопасности и возможные нарушения целостности данных могут привести к серьезным юридическим последствиям и потере доверия со стороны клиентов и других заинтересованных сторон.

Именно поэтому живучесть распределенных информационных систем играет критическую роль, поскольку обеспечивает их способность сохранять работоспособность и надежность в условиях различных деструктивных внешних воздействий, сбоев и отказов, минимизируя возможные негативные последствия для бизнес-процессов и сохранности данных.

Целью данной работы является обобщение актуальной информации о распределённых системах с акцентом на вопросе расчёта их живучести.

1. Распределённые информационные системы

Формального определения распределенной информационной системы (РИС) не существует. Под РИС порой понимают вообще разные вещи. Приведем несколько определений распределенных информационных систем.

1. Распределенная информационная система – информационная система, объекты данных и/или процессы которой физически распределяются на две или более компьютерные системы.

2. Распределенная система – это набор независимых компьютеров, представляющийся их пользователям единой объединенной системой.

3. Распределенная система – это такая система, в которой взаимодействие и синхронизация программных компонентов, выполняемых на независимых сетевых компьютерах, осуществляется посредством передачи сообщений.

4. Распределенная система – набор независимых компьютеров, не имеющих общей совместно используемой памяти и общего единого времени (таймера) и взаимодействующих через коммуникационную сеть посредством передачи сообщений, где каждый компьютер использует свою собственную оперативную память и на котором выполняется отдельный экземпляр своей операционной системы. Однако эти операционные системы функционируют совместно, предоставляя свои службы друг другу для решения общей задачи [1].

Хорошо описал распределённые системы обладатель премии Тьюринга Лесли Лэмпорт:

«Распределенная система – это система, в которой сбой компьютера, о существовании которого вы даже не подозревали, может сделать ваш собственный компьютер непригодным для использования».

Это определение он дал в мае 1987 года, в своем письме коллегам по поводу очередного отключения электроэнергии в машинном зале [2]. В данной работе будем придерживаться следующего определения, которое дано в третьем издании классического труда профессоров Амстердамского университета Эндрю Таненбаума и Мартена ван Стина

«Распределённые системы» [3]. Звучит оно следующим образом: «Распределенная система представляет собой совокупность автономных вычислительных элементов и является для его пользователей единой связанной системой» [3].

Данное определение было выбрано, потому что оно отмечает две характерные особенности распределенных систем:

- распределенная система представляет собой совокупность вычислительных элементов (аппаратное устройство либо программный процесс), каждый из которых в состоянии работать независимо от других;

- пользователи считают, что они имеют дело с единой системой.

Последний пункт означает, что в той или иной степени автономные элементы должны сотрудничать, вне зависимости от того, какие программные и аппаратные связи существуют между ними. Существование такого сотрудничества лежит в основе разработки распределенных систем [3].

РИС обладают следующими характеристиками:

- Необходимость взаимодействия через отправку сообщений из-за отсутствия общей памяти.

- Отсутствие общих физических часов. Разная скорость течения времени на узлах (рассинхронизация) приводит к необходимости прибегать к специальным алгоритмам упорядочивания событий в системе.

- Асинхронная связь и асинхронное исполнение команд.

- Географическая удаленность узлов РИС.

- Автономность и гетерогенность процессов, обусловленная работой под управлением разных операционных систем и на технике с разной производительностью.

- Отказоустойчивость. Сбой отдельных узлов или коммуникационных каналов не приводит к прекращению работы системы.

- Недетерминизм, который является следствием асинхронности, что может вызывать различные запросы в разном порядке из-за неизвестных задержек при передаче сообщений.

На рис. 1 представлена общий вид распределённой системы, состоящая из автономных узлов и сети, которая их объединяет.

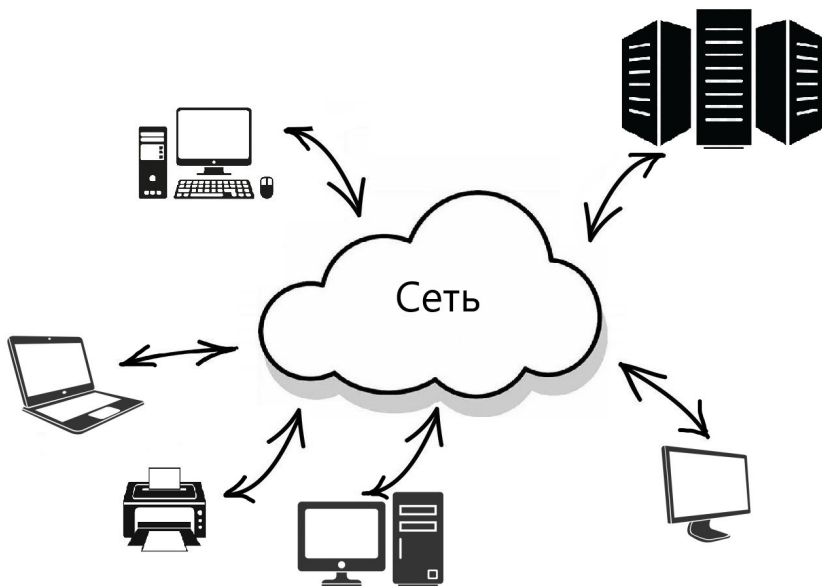


Рис. 1. Общий вид РИС

Независимость или автономность узлов является ключевой характеристикой распределенных систем, позволяющей легко масштабировать их. Объединение системы обычно достигается путем введения промежуточного программного слоя, известного как middleware, который добавляет общую концепцию к сети и обеспечивает однородный вид системы. Промежуточный слой включает элементы коммуникационной подсистемы и, будучи распределенным между узлами, маскирует гетерогенность отдельных узлов, создавая платформу для выполнения распределенных приложений [4].

Общая структура распределённой информационной системы с промежуточным уровнем показана на рис. 2.

На рис. 2 изображены четыре компьютера и три приложения, причем приложение В распределено между компьютерами 2 и 3. Каждому приложению предлагается один и тот же интерфейс. Распределенная система обеспечивает возможность для взаимодействия компонентов внутри одного распределенного приложения, а также позволяет различным приложениям взаимодействовать друг с другом. В то же время она старается скрыть различия в оборудовании и операционных системах каждого приложения насколько это возможно и целесообразно.

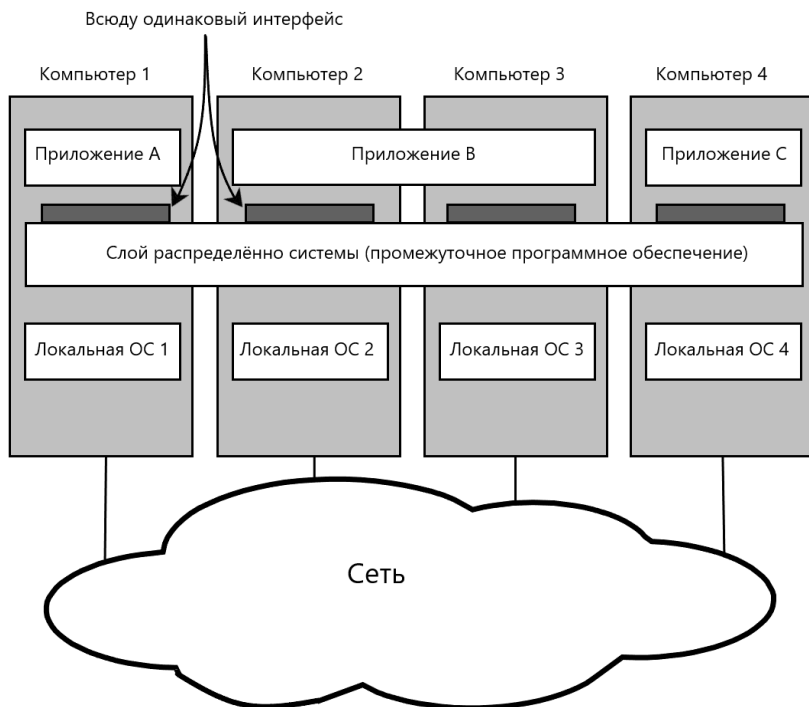


Рис. 2. Общая структура РИС с промежуточным уровнем

Стюарт Таненбаум пишет: «В некотором смысле промежуточное ПО распределенной системы подобно операционной системе компьютера – это менеджер ресурсов, предлагающий свои приложения для эффективного обмена и размещения этих ресурсов в сети» [3].

На практике структура РИС намного сложнее – больше узлов, сложнее связи между ними и т. д. На рис. 3 представлен частный вид распределённой информационной системы.

Рассмотрим эту РИС более подробно. На схеме изображено шесть компьютеров, три из которых под управлением операционной системы Windows 10, два компьютера под Linux и один под Windows 11. Помимо компьютеров имеется хранилище данных, две локальные сети и доступ к глобальной сети. Отметим, что на компьютере 1 нет промежуточного программного обеспечения, но он всё равно является узлом РИС. Компьютеры 2, 3 и 4 имеют разные операционные системы.

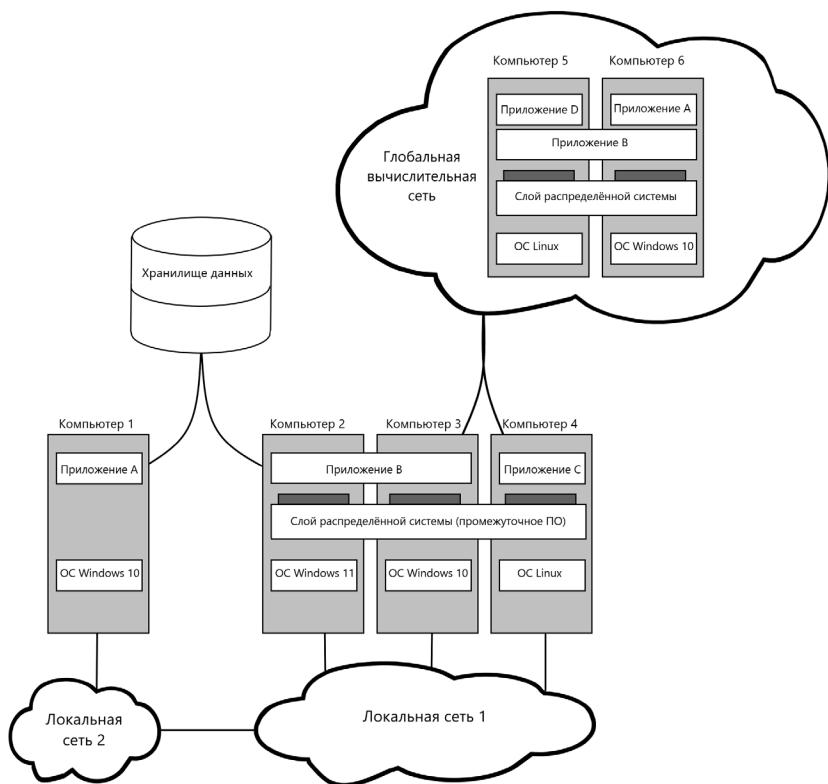


Рис. 3. Пример более сложной распределённой системы

И если Windows 10 и 11 схожи – в архитектурах, протоколах, системных службах, то разница между Windows и Linux огромная, но благодаря промежуточному уровню и одинаковому интерфейсу эта разница для пользователя нивелируется.

Так же стоит отметить, что помимо общего приложения, которое работают на нескольких компьютерах (приложение B на компьютер 5 и 6, например), могут быть установлены и другие индивидуальные приложения. И для работы приложений не всегда требуется наличие слоя распределённой системы (middleware) с общим интерфейсом (приложение A).

2. Определение живучести РИС

Важнейшей характеристикой для сложных систем, в том числе и распределённых, является живучесть. Устоявшегося определений живучести для информационных систем (как и формального определения для распределённых систем) нет. В данной работе под живучестью РИС будем понимать «способность системы выполнять предписанные ей функции после повреждения (или разрушения) ее отдельных элементов» [5].

Точно так же нет чёткой, устоявшейся формулы расчёта живучести. В разных системах, с разным набором параметров и свойств используют различные подходы и формулы.

В общем виде живучесть РИС можно рассчитать по формуле (1)

$$G = (Ac * Rc * (TRc + RCc)) / (MTF + MTR) \quad (1)$$

где Ac – среднее количество компонентов информационной системы, Rc – надёжность компонентов информационной системы, TRc – среднее время восстановления компонентов информационной системы, RCc – коэффициент скорости восстановления компонентов информационной системы, MTF – среднее время между отказами компонентов информационной системы, MTR – среднее время восстановления после отказа компонентов информационной системы.

Ивлев Валерий Васильевич в своей книге [6] предлагает высчитывать вероятность безотказной работы системы из однотипных элементов по формуле (2)

$$P(\chi, y_1, t) \approx e^{-\frac{t}{T(\chi, y_1)}} \quad (2)$$

где $\chi = \frac{i}{N}$ – доля отказавших элементов в момент времени $t = 0$, N –

число элементов, i – число отказавших, $y = \frac{n}{N}$ – доля отказавших

элементов в текущий момент времени t , $y_1 = 1 - \frac{N_k}{N}$ – доля отказавших

элементов в момент времени, когда число оставшихся работоспособных элементов достигло критического числа N_k , $T(\chi, y_1)$ – средняя наработка на отказ элемента.

Заключение

В данной статье были рассмотрены основные характеристики и различные виды распределённых информационных систем, отмечены их особенности и характеристики. Рассмотрен общий вид распределённых

информационных систем и структура распределённых систем с промежуточным уровнем.

Представлены способы расчета живучести распределенных систем в общем виде и в частном виде, когда система состоит из однотипных элементов.

Список литературы

1. Градусов, Д. А. Распределенные информационные системы : учеб.-практ. пособие / Д. А. Градусов, А. В. Шутов ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2021. – 386 с.

2. Радченко, Г. И. Распределенные вычислительные системы : учебное пособие / Г. И. Радченко ; Южно-Уральский гос. Университет. – ЧЛБ. : Фотохудожник, 2012. – 184 с.

3. Стин, М. Распределенные системы / М. Стин, Э. С. Таненбаум. – пер. с англ. В. А. Яроцкого. – М. : ДМК Пресс, 2021. – 586 с.

4. Бабичев, С. Л. Распределенные системы : учебное пособие для вузов / С. Л. Бабичев, К. А. Коньков. – М. : Издательство Юрайт, 2023. – 507 с.

5. Махутов, Н.А. Оценка живучести сложных технических систем / Н. А. Махутов, В. П. Петров, Д. О. Резников // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2009. – № 3. – С. 47-66.

6. Ивлев, В. В. Надежность систем из однотипных элементов : научное издание / В. В. Ивлев. – М. : Радио и связь, 1986. – 96 с.

Комплексная система биометрической аутентификации личности с применением адаптивного фильтра Калмана

Н. Д. Лушников, email: luschnikovnikita@yandex.ru

А. С. Исмагилова, email: ismagilovaas@yandex.ru

С. С. Валеев, email: vss2000@mail.ru

Уфимский университет науки и технологий

***Аннотация.** Рассматривается задача построения комплексной системы биометрической аутентификации личности с применением адаптивного фильтра Калмана. В качестве признаков биометрической аутентификации личности использованы извлеченные признаки акустического сигнала и видеосигнала. Анализируются показатели ошибки первого рода и ошибки второго рода данной системы.*

***Ключевые слова:** биометрическая аутентификация, комплексирование, адаптивный фильтр Калмана.*

Введение

Для разграничения доступа пользователей к ресурсам информационной системы используются биометрические характеристики личности, которые являются индивидуальным идентификатором для каждого пользователя [1].

В настоящее время широкое распространение нашли одномодальные и двумодальные биометрические системы распознавания личности.

Особенности проектирования подобных систем с более чем одной биометрической характеристикой, алгоритмы и модальности, схемы голосования описаны в ГОСТ Р 54411-2018 «Информационные технологии. Биометрия. Мультимодальные и другие мультибиометрические технологии». Конструктивные примеры композиции с применением биометрических признаков представлены в исследованиях Сабанова А. Г. и Шелупанова А. А. [1], Машкиной И. В. [2], Ложникова П. С. [3], Рахманенко И. А. [4] и в других работах исследователей в данном направлении.

Целью рассматриваемого исследования является повышение точности биометрической аутентификации пользователей информационной системы. В качестве основного результата исследования рассматривается алгоритм распознавания пользователей с помощью комплекса подсистем биометрической аутентификации с

применением адаптивного фильтра Калмана. Рассматривается анализ эффективности предлагаемых решений.

1. Задача распознавания пользователей по изображению лица

Рассматриваемая подсистема распознавания личности по изображению лица основана на извлечении локальных бинарных шаблонов (Local Binary Patterns – LBP) и гистограмм ориентированных градиентов (Histogram of Oriented Gradients – HOG) [5]. Построение локальных бинарных шаблонов основано на ассоциации каждого пикселя изображения с группой пикселей его окрестности:

$$LBP_{(P,R)} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p \quad (1)$$

- $s(g_p - g_c)$ – пороговая функция;
- g_p – значение интенсивности p -ого пикселя;
- g_c – значение интенсивности центрального пикселя;
- p – номер пикселя, $p = 0, \dots, P - 1$;
- P – порядок;
- R – радиус.

В каждой точке заданного изображения приближенное значение гистограмм ориентированных градиентов вычисляется на основе полученных приближенных значений производных:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (2)$$

- G – величина градиента;
- G_x и G_y – координаты изображения;
- θ – направление градиента.

Для анализа цифровых изображений часто требуется обработка их с целью повышения информативности и качества. Для обработки изображений используются специальные операции, включая морфологические преобразования, шумоподавление и фильтрацию. В рамках данного исследования для фильтрации помех использовался адаптивный фильтр Калмана.

При синтезе фильтра Калмана формируется вектор коэффициентов оптимального фильтра:

$$K(k) = P(k-1)C^T(k) \times (C(k)P(k-1)C^T(k) + Q_M(k))^{-1}, \quad (3)$$

- $K(k)$ – коэффициент оптимального фильтра Калмана;
- $Q_M(k)$ – ковариационная матрица некоторой случайной величины;
- $P(k-1)$ – дисперсионная матрица вектора состояния.

Фильтр Калмана позволяет минимизировать дисперсию оценки векторного случайного процесса, изменяющегося во времени следующим образом:

$$x(k+1) = \Phi(k)x(k) + v(k), \quad (4)$$

- $x(k)$ – векторный случайный процесс;
- $\Phi(k)$ – матрица перехода;
- $v(k)$ – случайный вектор (шум).

Результаты применения адаптивного фильтра Калмана в процессе распознавания личности по изображению лица представлены на рис. 1.

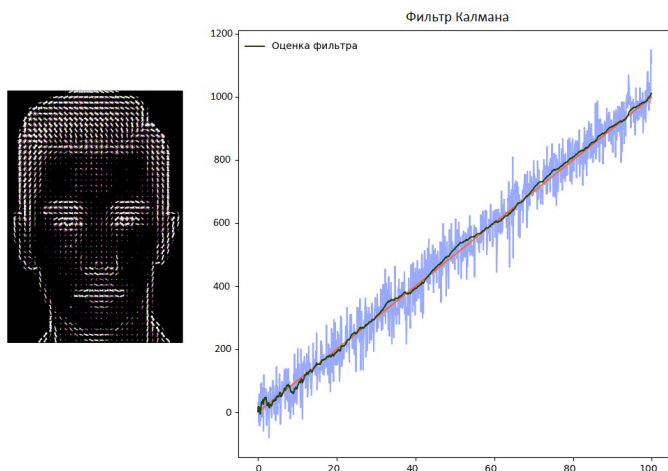


Рис. 1. Результат применения адаптивного фильтра Калмана в процессе распознавания личности по изображению лица (точки фонового различия)

2. Распознавание пользователей по голосу

При извлечении акустических признаков в процессе распознавания личности по голосу в режиме онлайн для шумоподавления также применялся модифицированный фильтр Калмана с увеличением веса центральной точки (5).

$$M_2^{low} = 0,1 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Выявление признаков начинается с процедуры разбиения входного акустического сигнала на временные окна небольшой длины с фиксированным шагом смещения. Для каждого полученного кадра применяются следующие преобразования:

1. Предварительная фильтрация с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр):

$$y_t = x_t - b \times x_{t-1} \quad (6)$$

- y_t – акустический сигнал после фильтрации;
- x_t – входной акустический сигнал;
- t – количество кадров;
- b – коэффициент фильтрации.

2. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ):

$$F_k = \sum_{t=0}^{T-1} w_t \times y_t e^{\frac{-2\pi i}{T} kt} \quad (7)$$

- T – отсчеты в кадре;
- w_t – весовая оконная функция;
- k – индекс частоты.

3. Весовая оконная функция (окно Хэмминга и окно Ханна) применяется с целью уменьшения краевых эффектов, возникающих в результате разбиения сигнала на кадры:

$$w_t^{hamm} = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi t}{T-1}\right) \quad (8)$$

$$w_t^{hann} = 0.5 \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi t}{T-1}\right)\right) \quad (9)$$

Алгоритм адаптивной фильтрации Калмана при распознавании личности по голосу (рис. 2) основывается на следующем выражении:

$$\frac{dx_0}{dt} = \Phi(t)x_0(t) + B(t)U(t) + D(t)F(t) + \sum_{i=1}^N K_i(t)(z_i(t) - H(t)x_0(t)) \quad (10)$$

$$\frac{dP(t)}{dt} = V_w(t) + \Phi(t)P(t) + P(t)\Phi^T(t) - P(t)H^T(t)V_v^{-1} \times \\ \times (t)H(t)P(t)$$

- $z_i(t)$ – вектор наблюдений;
- $z_i(t) = H(t)x_0(t)$ – вектор оценок наблюдений;
- $x_0(t)$ – оценка вектора состояния;
- $\Phi(t)$ – переходная матрица;
- $P(t)$ – корреляционная матрица;
- $H(t)$ – матрица наблюдения;
- $K_i(t)$ – матрица коэффициентов;
- $U(t)$ – вектор управления;
- $F(t)$ – вектор измеренных сигналов с выхода объекта;
- $B(t)$ – матрица коэффициентов управления;
- $D(t)$ – матрица коэффициентов измерения.

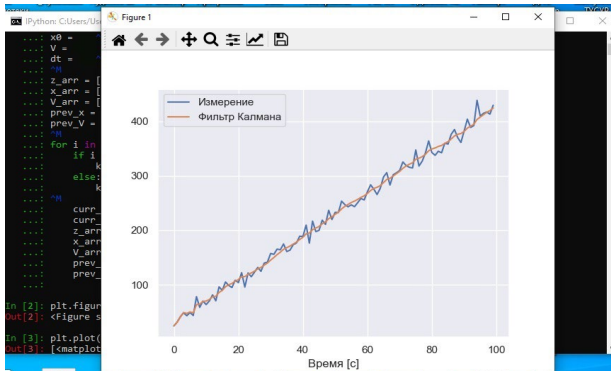


Рис. 2. Результат применения модифицированного фильтра Калмана в процессе распознавания личности по голосу

3. Показатели комплексной биометрической системы аутентификации пользователей

Основными показателями системы аутентификации по извлеченным биометрическим характеристикам пользователей являются ошибки первого рода и ошибки второго рода на разных наборах сформированной обучающей выборки, которые представлены на рис. 3 и рис. 4:

$$FRR = \frac{a}{N} \tag{11}$$

$$FAR = \frac{j}{N}$$

- FRR – значение ошибки первого рода;
- FAR – значение ошибки второго рода;
- a – показатели некорректного распознавания авторизованных пользователей системы;
- j – показатели некорректного распознавания неавторизованных пользователей системы;
- N – суммарное количество проведенных экспериментов.



Рис. 3. Ошибки первого рода и ошибки второго рода при распознавании пользователей по изображению лица



Рис. 4. Ошибки первого рода и ошибки второго рода при распознавании пользователей по голосу

При распознавании личности учтены показатели ошибок разделения дикторов, средней чистоты кластеров (содержание в аудиозаписи только речи диктора) и средней чистоты дикторов (содержание в аудиозаписи речи пользователей по отдельности), которые указаны в таблице.

Таблица

Показатели ошибок разделения дикторов и оценка системы разделения дикторов

Об. выб.	MFCC		LPC		PLP		CQCC		SCF	
	E_{spkr} (%)	K	E_{spkr} (%)	K	E_{spkr} (%)	K	E_{spkr} (%)	K	E_{spkr} (%)	K
Data Set 100	8,3	0,9	7,6	0,9	9,4	0,8	7,5	0,8	8,3	0,9
Data Set 300	8,0	0,8	8,0	0,8	8,9	0,8	7,5	0,8	8,1	0,8
Data Set 450	7,7	0,8	7,8	0,8	8,3	0,8	7,2	0,7	8,0	0,8

Заключение

Обсуждается комплексная система биометрической аутентификации личности с применением адаптивного фильтра Калмана. Рассматривается алгоритм, реализующий метод распознавания личности по извлеченным биометрическим признакам.

На базе рассматриваемых алгоритмов реализован программный комплекс, состоящий из модулей распознавания пользователей на основе многослойных персептронов.

Как показал анализ, данный подход позволяет повысить эффективность процесса распознавания личности, а также уменьшить показатели ошибок первого рода и показатели ошибок второго рода.

Список литературы

1. Сабанов, А. Г. Идентификация и аутентификация в цифровом мире: монография / А. Г. Сабанов, А. А. Шелупанов. – М.: Научно-техническое издательство «Горячая линия-Телеком», 2022 – 356 с. ISBN 978-5-9912-0976-2.
2. Забиров, И. И. Применение систем идентификации и управления доступом в автоматизированных системах управления

технологическими процессами / И. И. Забиров, И. В. Машкина // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2022. – № 2. – С. 98-105.

3. Экспериментальная оценка надежности верификации подписи сетями квадратичных форм, нечеткими экстракторами и перцептронами / П. С. Ложников [и др.] // Информационно-управляющие системы. – 2016. – № 5. – С. 73-85.

4. Рахманенко, И. А. Автоматическая верификация диктора по произвольной фразе с применением сверточных глубоких сетей доверия / И. А. Рахманенко, А. А. Шелупанов, Е. Ю. Костюченко // Компьютерная оптика. – 2020. – № 4. – С. 596-605.

5. Разработка интеллектуальной системы биометрической идентификации пользователя / С. Н. Девицына [и др.] // Научные ведомости. Серия: Экономика. Информатика. – 2019. – № 1. – С. 148-160.

Исследование декодирующих глубоких нейронных сетей в моделях семантической сегментации

Р. Р. Отырба, email: rostislav.otyrba.97@gmail.com

А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Данная работа посвящена сравнительному исследованию эффективности различных декодирующих архитектур глубоких нейронных сетей, используемых в таких популярных сегментационных моделях «кодер-декодер», как U-Net, DeepLabV3+, SETR и SegFormer. Исследование проводилось на двух наборах данных спутниковых снимков разных по сложности и типам задач: бинарной сегментации на наборе Alabama Buildings Segmentation и многоклассовой сегментации на наборе LoveDA. В результате тестирования были сделаны выводы о преимуществах и недостатках моделей, что является основой для их дальнейших модификаций и разработок новых архитектур.*

***Ключевые слова:** Семантическая сегментация, компьютерное зрение, глубокое обучение, свёрточные нейронные сети.*

Введение

Семантическая сегментация – представляет собой одну из ключевых и сложнейших задач в области компьютерного зрения, которая заключается в присвоении каждому пикселю изображения одной или нескольких меток, представляющих собой класс объекта. Эта задача имеет крайне широкое применение в различных областях, таких как автономное вождение, медицина, робототехника и так далее.

В настоящее время современные подходы к решению семантической сегментации базируются на использовании глубоких нейронных сетей, прежде всего на архитектуре «кодер-декодер». В этой архитектуре кодирующая сеть извлекает признаки разной абстракции входного изображения, в то время как декодирующая сеть осуществляет постепенный процесс их декодирования и преобразует их в сегментированное изображение, в котором каждый пиксель имеет метку, указывающую на принадлежность к определенному классу.

Выбор архитектуры декодирующей сети является критическим элементом в процессе разработки архитектур «кодер-декодер», поскольку она напрямую влияет на качество итоговой сегментации.

Оптимальная архитектура декодирующей сети должна:

- обеспечивать эффективное восстановление признаков, извлечённых кодирующей сетью на разных уровнях абстракции, что позволяет модели лучше понимать структуру изображения и выделять важные детали;

- учитывать как общие, так и мелкие детали изображения, а также быть способной сохранять их в процессе декодирования, что важно для обеспечения высокой точности сегментации, особенно в сложных сценах;

- иметь низкую вычислительную сложность, что в свою очередь упрощает процесс обучения модели и позволяет ускорить процесс сегментации, что очень важно в приложениях, работающих в режиме реального времени. Декодирующая сеть с низкой вычислительной сложностью позволяет увеличить размерность модели в пользу кодирующей сети для извлечения высококачественных признаков.

Данная работа посвящена сравнительному исследованию эффективности различных декодирующих архитектур глубоких нейронных сетей, используемых в популярных сегментационных моделях. В частности, будут проанализированы классические свёрточные модели U-Net и DeepLabV3+, а также современные модели, основанные на трансформерах, такие как SETR и SegFormer. Результаты исследования будут способствовать лучшему пониманию того, как различные архитектурные решения декодирующих сетей влияют на качество семантической сегментации. Это может быть полезным для исследователей, которые занимаются разработкой архитектур сегментационных моделей.

1. Обзор декодирующих глубоких нейронных сетей

Семантическая сегментация — это своего рода эволюция задачи классификации изображений, переносящая её на более детальный пиксельный уровень. Начало эпохи развития сегментационных моделей, основанных на глубоком обучении, положила работа [1]. Авторы предложили полностью свёрточную сеть (Fully Convolutional Network, FCN), которая реализует архитектуру «кодер-декодер». В качестве кодирующей сети использовалась свёрточная нейронная сеть VGG16. Для декодирования авторы предложили использовать транспонированную свёртку или билинейную интерполяцию, чтобы увеличить пространственную размерность выходных карт признаков VGG16 до размера входного изображения, формируя таким образом для каждого пикселя изображения вектор признаков. Полностью связанный классификационный слой заменялся на свёрточный слой 1×1 , который позволяет модели выполнять классификацию на уровне пикселей.

Одним из основных недостатков FCN является потеря мелких деталей итоговой сегментации из-за достаточно грубого увеличения размерности выходных карт признаков за один шаг.

Сеть U-Net [2], являющаяся модификацией FCN, в своё время была одной из наиболее влиятельных и эффективных архитектур в области семантической сегментации. Кодировочная сеть этой модели представляет собой типичную свёрточную нейронную сеть, состоящую из слоёв свёртки и пулинга, которые формируют иерархию признаков разной степени абстракции. Декодировочная сеть, представленная на рисунке 1, организована симметрично относительно кодирующей сети, она увеличивает размерность карт признаков до исходного размера входного изображения. Достигается это путём использования билинейной интерполяции или транспонированной свёртки 2×2 . При этом каждый результирующий шаг декодирующей сети конкатенируется с соответствующим слоем из кодирующей сети с помощью пропускных соединений, которые позволяют сохранять часть информации о мелких деталях изображения, потерянные в процессе пулинговых преобразований.

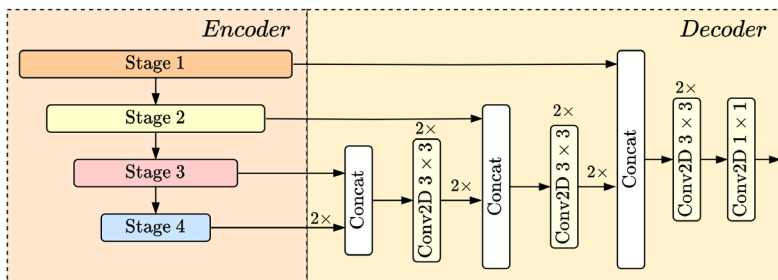


Рис. 1. Архитектура модели U-Net

Позднее многие исследователи активно стремились расширить рецептивное поле моделей, чтобы позволить моделям анализировать более широкий контекст в изображении и лучше определять границы и связи между различными объектами. Примером успешной реализации этой концепции стали модели из семейства DeepLab, включая последнюю в этом семействе DeepLabV3+ [3]. Эта архитектура долгое время оставалась ведущей в области семантической сегментации и до сих пор пользуется популярностью у исследователей. В качестве кодирующей сети здесь выступает модификация Xception с дополнительными разреженными свёртками, позволяющие эффективно увеличить размер рецептивного поля без увеличения числа параметров.

Декодирующая сеть имеет крайне простую и эффективную структуру (рис. 2). Здесь используется тяжеловесный разреженный пространственно-пирамидальный пулинг (ASPP Head) для высокоуровневых карт признаков, который помогает учитывать объекты в разных масштабах, что особенно важно в задачах сегментации изображений. Для этого ASPP использует несколько параллельных разреженных свёрток с разными коэффициентами разреженности (6, 12, 18). Для учёта глобального контекста в нём дополнительно используется глобальный усредняющий пулинг (Global Average Pooling) и свёрточный слой 1×1 . Результат ASPP затем конкатенируется с низкоуровневыми признаками кодирующей сети последнего слоя Stage 1 размерностью $(H/4) \times (W/4) \times C$, где C это канальная размерность карты признаков. Затем к полученному результату применяются два свёрточных слоя с 256 фильтрами размера 3×3 , которые уточняют итоговую сегментацию, особенно по границам объектов. Стоит отметить, что итоговая сегментационная маска имеет размер $(H/4) \times (W/4) \times N_{cls}$, где N_{cls} – количество предсказываемых категорий. Это позволяет снизить вычислительную сложность модели и использовать больше ресурсов GPU.

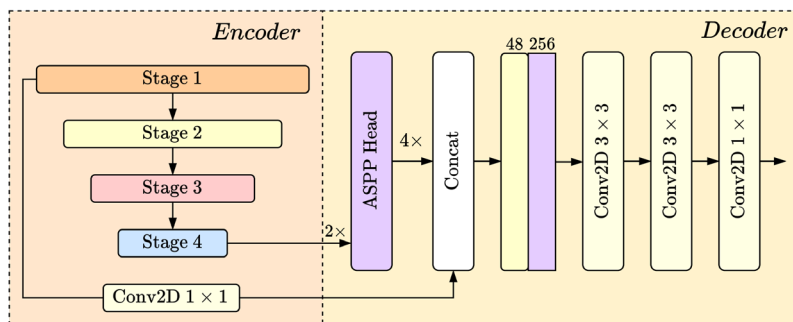


Рис. 2. Архитектура модели DeepLabV3+

В свете большого прогресса в области обработки естественного языка (NLP) и появления архитектуры Transformer, в последние годы наблюдается всплеск интереса к его интеграции в решении задач компьютерного зрения. Transformer проявили себя как мощный инструмент в решении множества задач, они демонстрируют превосходство над сетями, основанными на сверточных слоях. Этот успех в значительной степени обусловлен их способностью учитывать

контекстную информацию из различных частей изображения. Впервые это было продемонстрировано в работе [4], в которой был предложен Vision Transformer (ViT). В этой модели изображение разбивается на патчи, которые обрабатываются механизмом самовнимания с учетом позиционного кодирования. Всё это позволило авторам достичь высоких результатов в задаче классификации изображений на наборе данных ImageNet. Вдохновившись успехом ViT, авторы работы [5] предложили модель SETR, которая впервые демонстрирует возможность эффективного использования Transformer в роли кодирующей сети в задаче семантической сегментации. Авторы предложили несколько вариантов декодирующих сетей, среди которых одна из наиболее эффективных является SETR-PUP (рис. 3). Подобно U-Net, она предполагает собой стратегию постепенного мягкого увеличения пространственной размерности признаков, чередуя слои свёртки и билинейной интерполяции с коэффициентом масштабирования 2. Таким образом, для достижения исходной пространственной размерности входного изображения требуется всего 4 операции. Это, в свою очередь, усложняет модель с вычислительной точки зрения.

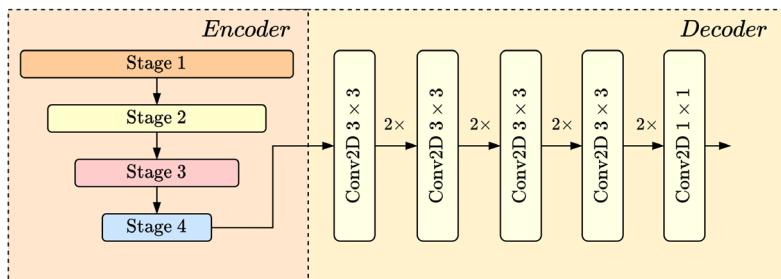


Рис. 3. Архитектура декодирующей сети модели SETR-PUP

В работе [6] авторы предложили простую, но эффективную сегментационную модель SegFormer, демонстрирующая значительное улучшение качества сегментации по сравнению с SETR. Кодирующая сеть MiT имеет пирамидальную структуру, чтобы извлекать признаки разного масштаба. SegFormer отказывается от позиционного кодирования, используя свёртку в FFN блоке. Чтобы снизить вычислительную сложность механизма самовнимания, уменьшается длина токенов Key и Value с помощью свёрточного слоя. Декодирующая сеть SegFormer основана исключительно на легковесном и эффективном MLP (рис. 4). Стоит отметить, что в данном случае MLP заменён на свёрточный слой 1×1 для удобства работы с 2D данными. Сначала

декодер с помощью MLP слоя предварительно преобразует размерность каждого признака из разных слоёв иерархии кодирующей сети к единой каналной и пространственной $(H/4) \times (W/4) \times 256$ размерности. Затем осуществляет их конкатенацию и применяет к ним ещё один MLP слой, таким образом агрегируя все признаки в единый 256-мерный вектор признаков. Таким образом, декодер учитывает, как и локальный, так и глобальный контекст. Итоговая сегментационная маска имеет размер $(H/4) \times (W/4) \times N_{cls}$, где N_{cls} это количество целевых категорий.

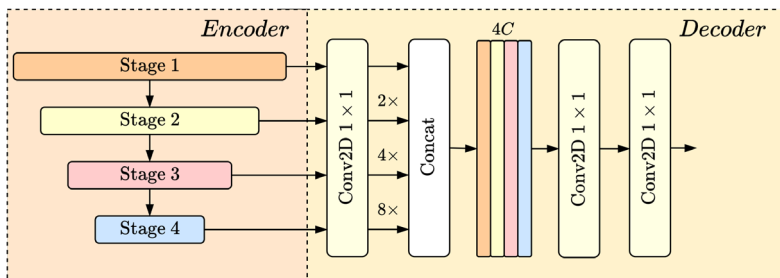


Рис. 4. Архитектура декодирующей сети модели SegFormer

2. Исследование эффективности декодирующих сетей

В данном исследовании были осуществлены сравнительные эксперименты рассмотренных ранее декодирующих сетей моделей U-Net, DeepLabV3+, SETR и SegFormer. В качестве кодирующей сети была выбрана эффективная, предварительно обученная на ImageNet свёрточная нейронная сеть ConvNeXt-T.

Следует отметить, что представленные ранее рисунки архитектур адаптированы под следующие размерности извлечённых признаков: для Stage 1: $(H/4) \times (W/4) \times C_1$, для Stage 2: $(H/8) \times (W/8) \times C_2$, для Stage 3: $(H/16) \times (W/16) \times C_3$ и для Stage 4: $(H/32) \times (W/32) \times C_4$, где C_i – канальная размерность выходных признаков i -ого Stage.

Кроме этого, обучение моделей проводилось на двух наборах данных разных по сложности и типам задач: бинарной и многоклассовой сегментации спутниковых снимков, которая требует высокоточного обнаружения мелких деталей.

Для задачи бинарной сегментации был взят набор данных Alabama Buildings Segmentation (ABS) [7] из Kaggle для сегментации зданий. Набор данных содержит 10200 спутниковых снимков из США, штат Алабама размером 1024×1024 с 657483 размеченными зданиями. Для

валидации и тестирования было выделено по 10% от всех исходных данных (т. е. по 1020 изображений).

Для задачи многоклассовой сегментации был взят набор данных Remote Sensing Land-Cover Dataset for Domain Adaptive Semantic Segmentation (LoveDA) [8]. Набор данных содержит 5987 спутниковых снимков из Китая, города Нанкин, Чанжоу и Ухань, охватывающие как городские, так и сельские районы. Изображения имеют размер 1024×1024 , количество размеченных объектов составляет 166768 объектов 7 классов: задний фон, здания, дороги, водные объекты, бесплодные земли, лесные насаждения и сельскохозяйственные земли. Для обучения доступно 4191 изображение, оставшиеся изображения выделены для тестирования. Результаты тестирования были получены через специально выделенный сервер с соревнованием [9].

В качестве оптимизатора был использован AdamW с параметрами learning rate 0.00001, weight decay 0.05, betas (0.9, 0.98) и eps $1e-9$. Был использован метод PolynomialLR с полиномиальной функцией со степенью 0.9 в качестве расписания скорости обучения. В качестве функции ошибки используется комбинация функции Дайса и Фокальной ошибки с label smoothing 0.1. Из-за ограниченных вычислительных ресурсов размер мини-пакета равен 8. Для улучшения качества обучения производится накопление градиентов для каждых 2 мини-пакетов, моделируя размер мини-пакета равным 16. Чтобы справиться с взрывными градиентами, применяется градиентный клиппинг с параметром 5. В качестве методов аугментации была применена простейшая аугментация (случайная вырезка размером 512×512 , отражение по горизонтали и вертикали, повороты на 90 градусов).

Все эксперименты были проведены, используя фреймворк Pytorch и Pytorch Lighting. В ходе экспериментов модели обучались в течении 100 эпох, используя GPU RTX 3060 Ti.

3. Результаты исследования

В таблице 1 представлены результаты тестирования моделей на наборе данных Alabama Buildings Segmentation по метрике степень пересечения изображений (Intersection over Union или IoU).

Таблица 1

Результаты тестирования моделей на наборе данных ABS

Кодирующая сеть	Декодирующая сеть			
	U-Net	DeepLabV3+	SETR-PUP	SegFormer
ConvNeXt-T	80.17	80.24	79.68	80.11

В таблице 2 представлены результаты тестирования на наборе данных LoveDA по метрике степень пересечения изображений IoU для

каждого класса, а также усреднённое значение mIoU. Цифры классов имеют следующую расшифровку: 1 – задний фон, 2 – здания, 3 – дороги, 4 – водные объекты, 5 – бесплодные земли, 6 – лесные насаждения и 7 – сельскохозяйственные земли. Первое место по качеству сегментации обозначается красным цветом, а второе синим.

На рисунке 5-9 представлена визуализация результатов тестирования моделей на наборе данных LoveDA.

Таблица 2

Результаты тестирования моделей на наборе данных LoveDA

Модели	Классы							mIoU
	1	2	3	4	5	6	7	
ConvNeXt-T (SETR-PUP)	45.0	57.9	55.5	80.0	19.5	44.9	62.1	52.16
ConvNeXt-T (U-Net)	44.8	58.4	56.8	79.8	18.9	44.6	62.4	52.28
ConvNeXt-T (SegFormer)	45.8	58.0	54.9	79.8	19.0	45.8	63.4	52.41
ConvNeXt-T (DeepLabV3+)	44.5	57.5	56.2	80.1	21.2	45.4	64.5	52.78

DeepLabV3+ (7.3M параметров) демонстрирует наилучшее качество сегментации. Благодаря модулю ASPP модель фиксирует глобальный контекст детальнее, однако из-за этого она становится крайне медленной и тяжеловесной.

SegFormer (0.7M параметров) демонстрирует высокое качество сегментации, эффективно фиксируя как глобальный, так и локальный контекст. Более того, с точки зрения производительности она самая быстрая и легковесная. Однако приведение признаков всех уровней архитектуры к одинаковой 256 канальной размерности, вероятно, избыточна и требует индивидуальной компрессии и обработки.

U-Net (7.0M параметров) показывает сопоставимые результаты с DeepLabV3+ и SegFormer, она хорошо фиксирует как глобальный, так и локальный контекст благодаря пропускным соединениям. Она легковеснее и быстрее DeepLabV3+. Тем не менее признаки пропускных соединений содержат крайне много избыточной информации, которую имеет смысл компрессировать и обработать.

SETR-PUP (3.6M параметров) показывает хорошие результаты лишь при фиксации глобального контекста, поскольку работает только с высокоуровневыми признаками, что является её недостатком.



Рис. 5. Визуализация тестовых изображений



Рис. 6. Визуализация сегментации U-Net

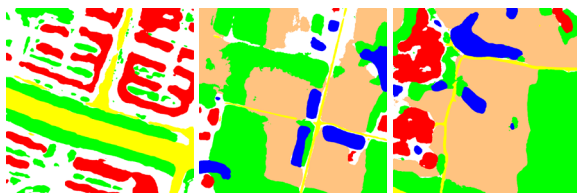


Рис. 7. Визуализация сегментации DeepLabV3+

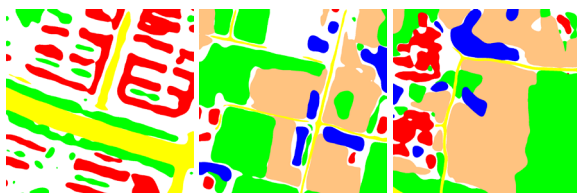


Рис. 8. Визуализация сегментации SETR-PUP

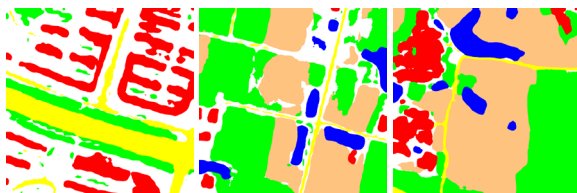


Рис. 9. Визуализация сегментации SegFormer

Заключение

Данная работа посвящена сравнительному исследованию эффективности различных декодирующих архитектур глубоких нейронных сетей, используемых в таких популярных сегментационных моделях «кодер-декодер», как U-Net, DeepLabV3+, SETR и SegFormer. Исследование проводилось на двух наборах данных спутниковых снимков разных по сложности и типам задач: Alabama Buildings Segmentation и LoveDA. В результате тестирования были сделаны выводы о преимуществах и недостатках моделей, что является основой для их дальнейших модификаций и разработок новых архитектур.

Список литературы

1. Long, J. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation / J. Long, E. Shelhamer, T. Darrell // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) – 2015. – P. 3431-3440.
2. Ronneberger, O. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // Proc. Int. Conf. Med. Image Comput. Comput.-Assist. Intervent. – 2015. – P. 234-241.
3. Chen, L. Rethinking Atrous Convolution for Semantic Image Segmentation / L. Chen [et al] // ArXiv – 2017.
4. Dosovitskiy, L. An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale / A. Dosovitskiy [et al] // ArXiv – 2020.
5. Zheng, S. Rethinking Semantic Segmentation from a Sequence-to-Sequence Perspective with Transformers / S. Zheng [et al] // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2021. – P. 6877-6886.
6. Xie, E. SegFormer: Simple and efficient design for semantic segmentation with transformers / E. Xie [et al] // Proceedings of the 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2021. – V. 34. – P. 12077-12090.
7. Alabama Buildings Segmentation / D. Cao // Kaggle [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.kaggle.com/datasets/meowmeowplus/alabama-buildings-segmentation>
8. Wang, J. A Remote Sensing Land-Cover Dataset for Domain Adaptation Semantic Segmentation / J. Wang [et al] // Proceedings of the Neural Information Processing Systems Track on Datasets and Benchmarks. – 2021.
9. LoveDA Semantic Segmentation Challenge [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://codalab.lisn.upsaclay.fr/competitions/421#learn_the_details-overview

Различение оптико-электронных средств как отдельных целей на дискретизированных оптико-локационных изображениях в присутствии шумов

В. Д. Попело, email: popelovd@mail.ru¹
П. Е. Кулешов, email: pekulesh@yandex.ru¹
Д. К. Проскурин, email: pdk@vgasu.vrn.ru²

¹ ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

² Воронежский государственный технический университет

***Аннотация.** Определены условия применимости классических критериев (Рэля, Сэрроу) для различения оптико-электронных средств как отдельных целей в процессе их оптической локации при формировании их изображений дискретными (матричными) фотоприемниками в присутствии шумов. Для случая приема дискретизированных и сильно зашумленных изображений предложен новый критерий, опирающийся на использование минимального расстояния между центрами изображений, которое может быть достоверно (с заданной доверительной вероятностью) измерено.*

***Ключевые слова:** активная оптическая локация, оптико-электронное средство, локационная цель, разрешение целей, изображение, оптическое разрешение, критерий Рэля, критерий Сэрроу, граница Рао-Крамера, матричный фотоприемник.*

Введение

Массовое использование оптико-электронных средств (ОЭС) в современных системах разведки, наблюдения за полем боя, прицеливания обычного и наведения высокоточного оружия приводит к тому, что, применяя методы активного лазерного зондирования для обнаружения и определения координат этих средств [1, 2], наблюдатель будет сталкиваться не с единичными изолированными откликами (малоразмерными изображениями), а с группами откликов. Эти группы могут оказаться настолько плотными, что изображения отдельных ОЭС будут расположены близко друг к другу или перекрываться (частично или полностью). Возникает задача различения по оптико-локационным образам ОЭС как отдельных целей. В работе [3] установлено, что классические критерии (например, Рэля [4], Сэрроу [5]), традиционно

применяемые для оценки оптического разрешения (способности оптического прибора раздельно отображать два идеальных точечных объекта), применимы для решения задачи различения реальных малоразмерных изображений ОЭС в процессе их оптической локации. В этом случае характер анализируемых малоразмерных изображений определяется не только свойствами приемного устройства, но, прежде всего, параметрами принимаемого частично когерентного излучения с неплоским волновым фронтом. Однако применение классических критериев опирается на явное или неявное предположение о том, что анализируемые изображения представляют собой непрерывные функции координат в плоскости чувствительного элемента. При этом шумы фотоприемного устройства отсутствуют. В реальных ситуациях эти допущения часто не выполняются. Очевидно, что в этих условиях качество различения будет снижаться.

Цель работы – оценка границ применимости классических критериев для различения ОЭС как отдельных целей в условиях, когда регистрацию оптико-локационных изображений осуществляют дискретными (матричными) приемниками в присутствии случайных шумов (аддитивных случайных помех)

$$r_{c2} - r_{c1} = \eta, \quad (1)$$

где $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ – координата точки в плоскости чувствительной поверхности фотоприемника, лежащей на прямой $0r$, проходящей через центры двух изображений; x, y – декартовы координаты этой точки; r_{c_j} – координата центра изображения j -го изображения ($j = \overline{1, 2}$); η – критериальное расстояние между центрами изображений такое, что если $r_{c2} - r_{c1} < \eta$, то изображение отождествляется с единственным объектом, а если $r_{c2} - r_{c1} \geq \eta$, то принимается решение о наличии двух близко расположенных объектов.

Значение η выбирают в соответствии с одним из классических критериев разрешения (например, Рэлея $\eta = \eta_R$ [4] или Спэрроу $\eta = \eta_S$ [5]). В [3] показано, что расстояние между центрами изображений может быть достаточно точно установлено в соответствии с (1) только в том случае, когда фотоприемное устройство не создает заметных искажений регистрируемых изображений ОЭС, то есть детальность изображений, достаточна для того, чтобы функцию изменения интенсивности (плотности потока) $E(r - r_{c_j})$ в сечении считать непрерывной, а шумы фотоприемника малы настолько, что их воздействием можно

пренебречь, то есть $E(r - r_{cj}) \gg \sigma_n^2$. Здесь; σ_n^2 – дисперсия случайного нормального шума некоррелированного в отдельных точках (элементах дискретного приемника). В реальности эти допущения часто не выполняются.

Пусть расстояние между центрами изображений равно, в соответствие с (1), разности их координат вдоль оси Or , проходящей через эти центры (такой выбор системы координат позволяет перейти от двумерной задачи определения координат центров изображений к одномерной), а в качестве меры точности используют ширину доверительного интервала $\varepsilon_\eta = \pm \zeta_p \sqrt{\sigma_{c1}^2 + \sigma_{c2}^2}$ оценки значения этого расстояния. Здесь σ_{cj} – среднеквадратическая погрешность оценки значения координаты центра j -го изображения ($j = 1, 2$); ζ_p – квантиль нормального распределения, связанный с требуемым значением доверительной вероятности P соотношением $P = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\zeta_p} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$;

$t = \frac{r - r_{cj}}{\sigma_{cj}}$. Если предположить, что изображения имеют близкие

параметры, то $\sigma_{c1} \approx \sigma_{c2} = \sigma_c$. Тогда расстояние η между центрами изображений, которое может быть достоверно (с доверительной вероятностью P) измерено, удовлетворяет неравенству

$$\eta \geq \varepsilon_\eta = \sqrt{2} \zeta_p \sigma_c, \quad (2)$$

где σ_c^2 – дисперсия погрешности определения положения центра каждого изображения, соответствующая границе Рао-Крамера [6].

Меньшие расстояния, чем $\eta = \sigma_\eta$, при использовании любого метода конечной точности ($\sigma_c^2 > 0$) измерены быть не могут. Найдем оценку $\sigma_c = \pm \sqrt{\sigma_c^2}$.

Пусть производится наблюдение малоразмерного изображения в плоскости чувствительного элемента фотоприемника, представляющего оптико-локационный отклик ОЭС. Регистрацию осуществляют дискретным приемником, каждый элемент которого имеет вдоль оси Or размер δ . Тогда сигнал с выхода отдельного элемента дискретного приемника можно представить в виде

$$u_i = EG(r_i - r_c) + n_i, \quad (3)$$

где E – плотность потока в максимуме (центре) изображения; $G(r_i - r_c) = \exp[-(r_i - r_c)^2 / r_{ef}^2]$ – нормированная интенсивность (плотность потока) излучения в изображении ОЭС [3], регистрируемая i -ым элементом фотоприемника с координатой r_i ($i = \overline{1, m}$) относительно центра изображения r_c ; r_{ef} – радиус изображения по уровню снижения интенсивности в e раз; n_i – случайный нормальный шум некоррелированный в отдельных точках (элементах дискретного приемника); $m = 2r_{ef} / \delta$ – число элементов матричного приемника, участвующих в формировании изображения. Оценку положения центра изображения целесообразно сформировать с использованием метода максимального правдоподобия [6,7], опираясь на логарифмическую функцию правдоподобия:

$$\Lambda = const - \frac{1}{2\sigma_n^2} \sum_{i=1}^m [u_i = EG(r_i - r_c)]^2, \quad (4)$$

где σ_n^2 – дисперсия шума.

В соответствие с неравенством Рао-Крамера для несмещенных оценок [6] дисперсия измеренного значения положения центра изображения удовлетворяет соотношению

$$\sigma_c^2 \geq \sigma_{c \min}^2 = \frac{1}{M(\partial \Lambda / \partial r_c)^2} = \frac{\sigma_n^2}{E \sum_{i=1}^m [\partial G(r_i - r_c) / \partial r_c]^2}, \quad (5)$$

где $M(\bullet)$ – оператор математического ожидания

Для определения явной аналитической зависимости σ_c^2 от параметров задачи учтем, что при использовании высококачественных средств наблюдения с матрицами большой размерности значение $\delta \approx 5 \div 9 \text{ мкм}$, в то время как минимальный размер изображения $2r_{ef} \geq 20 \text{ мкм}$, то есть выполняется соотношение $\delta < 2r_{ef}$. В этом случае сумму в знаменателе (5) можно оценить с использованием интеграла

$$\delta \cdot \sum_{i=1}^m [\partial G(r_i - r_c) / \partial r_c]^2 \approx \int_{-\infty}^{\infty} [\partial G(r) / \partial r]^2 dr. \quad (6)$$

Квадрат производной функции $G(r)$ равен $[\partial G(r)/\partial r]^2 = \frac{4r^2}{r_{ef}^4} \exp\left(-\frac{2r^2}{r_{ef}^2}\right)$. Тогда интеграл в правой части (6) имеет следующее значение

$$\int_{-\infty}^{\infty} [\partial G(r)/\partial r]^2 dr = \frac{\sqrt{\pi/2}}{r_{ef}}. \quad (7)$$

С учетом (7) выражение (5) может быть представлено как

$$\sigma_c^2 = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\sigma_n^2 \delta r_{ef}}{E}, \quad (8)$$

Введем параметр – отношение «сигнал-шум» $Q = E/\sigma_n^2$ в центре изображения, а также учтем, что $m = 2r_{ef}/\delta$ – число дискретных отсчетов в сечении изображения. Тогда выражение (8) можно представить как

$$\sigma_c^2 = \sqrt{\frac{8}{\pi}} \frac{r_{ef}^2}{mQ}. \quad (9)$$

Следовательно, критериальное расстояние η между двумя изображениями будет определяться с погрешностью, характеризующей доверительным интервалом

$$\varepsilon_\eta = 2\zeta_p r_{ef}^4 \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{\frac{1}{mQ}} \approx 2r_{ef} \zeta_p \cdot 0,89 \sqrt{\frac{1}{mQ}}. \quad (10)$$

Обратим внимание, что в соответствии с [3] $2r_{ef} \approx \eta_R$, а $\eta_S \approx 0,79\eta_R$. Тогда выражение (10) может быть записано в следующем виде

$$\varepsilon_\eta \approx \eta_R \frac{0,89\zeta_p}{\sqrt{mQ}} \approx \eta_S \frac{0,7\zeta_p}{\sqrt{mQ}}. \quad (11)$$

Из неравенства (2) следует, что классические критерии разрешения справедливы, если $\eta \gg \varepsilon_\eta$. Пусть допустимое значение погрешности $\sigma_\eta = 0,1\eta$. Выбирая из таблицы значение квантиля нормального распределения ζ_p , соответствующее заданному значению доверительной вероятности, например, $P = 0,95$, получим, что для надежного применения критерия Рэлея допустимая величина

произведения $mQ > 300$, а для применения критерия Спэрроу – $mQ \approx 340$.

Таблица

Значения квантиля ζ_p для типовых значений P

Доверительная вероятность (P)	0,683	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
Значение квантиля (ζ_p)	1	1,28	1,65	1,96	2,58	3,29

Для наиболее качественных изображений, формируемых объективами с высоким разрешением и регистрируемых матричными приемниками с большим числом элементов, когда $m \sim 3 \div 5$, требуемые для использования классических критериев значения отношения «сигнал-шум» должны составлять $Q \sim 60 \div 100$. В том случае, если размер изображений возрастает вследствие частичной когерентности принимаемого излучения с неплоским волновым фронтом [3], возрастет значение параметра m , что позволит применять классические критерии к более зашумленным изображениям (при меньших значениях Q).

Новая ситуация возникает, если $\eta_R < \varepsilon_\eta$ ($\eta_S < \varepsilon_\eta$). В этом случае классические критерии разрешения оказываются абсолютно неприменимыми в задачах различения ОЭС как отдельных целей, а в качестве критериального расстояния может использоваться минимальное расстояние между двумя точками (центрами), которое может быть достоверно измерено на зашумленных дискретизированных изображениях, то есть

$$\eta = \varepsilon_\eta. \quad (12)$$

Выражение (12) определяет новый критерий различения зашумленных дискретизированных локационных изображений, полученных при приеме частично когерентного излучения с неплоским волновым фронтом, отраженного от ОЭС в реальных условиях оптической локации. Этот критерий близок к критерию Раутиана, введенному ранее для задач спектрального различения узкополосного оптического излучения [5].

Заключение

Применение классических критериев оптического разрешения Рэлея (Спэрроу) для решения задач различения оптико-локационных изображений близко расположенных ОЭС в условиях приема в шумах частично когерентного отраженного излучения с неплоским волновым фронтом и использовании дискретных (матричных) приемников

возможно, если произведение числа дискретных отсчетов в сечении изображения и отношения «сигнал-шум» превышают значения $300 \div 350$.

При использовании матриц с большим числом элементов ($\sim 10^6 \div 10^7$) классические критерии целесообразно использовать, если отношение «сигнал-шум» в центре изображений превышает значения $60 \div 100$. С ростом случайной погрешности определения расстояния между центрами изображений по мере уменьшения отношения «сигнал-шум» и числа элементов матричного приемника снижается качество решения о различении ОЭС по их оптико-локационным изображениям на основе применения классических критериев.

Для сильно зашумленных дискретизированных оптико-локационных изображений в качестве критериального расстояния для принятия решения о различении ОЭС как отдельных целей целесообразно использовать минимальное расстояние между центрами изображений, которое может быть достоверно (с заданной доверительной вероятностью) измерено.

Список литературы

1. Бутузов В.В. Модель процесса оптической локации оптико-электронного средства с динамическими отражающими свойствами / В. В. Бутузов, А. А. Донцов, Ю. Л. Козирацкий // Радиотехника. – 2014. – № 9. – С. 61-67.
2. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов: монография / Ю. Л. Козирацкий [и др.]; отв. ред. Ю. Л. Козирацкий. – М.: ЗАО Издательство «Радиотехника», 2015. – 456 с.
3. Попело В. Д. Критерии различения оптико-электронных средств как отдельных целей при их оптико-локационном наблюдении / В. Д. Попело, П. Е. Кулешов, Д. К. Проскурин // Телекоммуникации. – 2023. – № 8. – С. 23-31.
4. Стрэтт Д.В. Волновая теория света / Д.В. Стрэтт. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 208 с.
5. Спарроу К.М. О спектроскопической разрешающей способности / К.М. Спарроу // Астрофизический журнал. – 1916. – Том 44. – С. 68-72.
6. Рао С. Р. Линейные статистические методы и их применение / С. Р. Рао. – М.: Наука, 1968. – 547 с.
7. Раутиан С.Г. Реальные спектральные приборы / С.Г. Раутиан // Успехи физических наук. – 1958. – Том LXVI, вып. 3. – С. 475-517.

Детекция границ объектов на изображении

Н. К. Самойлов, email: nk.samoilov@gmail.com
А. А. Положенцев, email: polojencev135@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрена работа детекторов краёв в различных вариациях, подобран оптимальный алгоритм реализации детектора Кэнни и проведено сравнение с показателями библиотеки OpenCV.

Ключевые слова: computer vision, object detection, Canny detector, OpenCV.

Введение

В настоящее время довольно остро стоит вопрос автоматизации рутинных процессов, т.к. постоянно повторяющиеся операции, выполняемые человеком, приводят к появлению необратимых ошибок. Одной из составляющих данного направления является компьютерное зрение (computer vision). Объем рынка CV в 2021 г., по данным консалтинговой компании Tractica, увеличился на 32,9% и в 2022 г. составила \$48–50 млрд [5]. Существует два подхода для реализации компьютерного зрения: применение алгоритмов без анализа предыдущих результатов или применение нейросетей. Последние разделяют на двухуровневые (вариации RCNN) и одноуровневые (YOLO). Принцип работы заключается в том, что одна нейросеть распознаёт потенциальные участки, а уже вторая детектирует объекты в подготовленных областях. Таким образом, существует проблема скорости работы нейронных сетей, что доказывают исследования 2021 года (таблица 1). Анализ данных позволяет сделать вывод, Canny detector в 3.17 раза быстрее обрабатывает 1 линию дорожного движения в сравнении с FasterRCNN, лучшей реализацией RCNN-подобных нейросетей. Что означает большую пропускную способность алгоритма относительно RCNN.

В некоторых ситуациях, например во время какого-либо оперативного реагирования, скорость детекции важнее незначительного снижения качества распознавания. Поэтому исследования в области object detection без запоминания предыдущих результатов довольно актуальны.

Сравнение скорости детекции полос дорожного движения

Характеристики / название алгоритма	Filtered Canny detector (OpenCV)	TensorFlow (FasterRCNN*)
Скорость распознавания (мс)	6	19
Скорость обработки видеоряда (320 × 160) (FPS, кадров/с)	25	19
Предельная скорость обработки видеоряда (1920 × 1080) (FPS, кадров/с) **	44	28

* - рассматривается сопоставимая функциональность подходов

** - согласно исследованиям Texas Instruments, 2021

1. Canny Detector

Детектор границ Кэнни – алгоритм, который путём снижения количества шумов и подавления «слабых» границ, выделяет границы объектов толщиной в 1 пиксель. Является одним из самых эффективных детекторов среди существующих и, в отличие от детектора Харриса, не привязан к наличию углов у объекта.

Основные этапы работы детектора границ Кэнни:

– Перевод изображения в серые оттенки, так как детекторы не работают с цветом.

– Гауссовское размытие.

– Поиск градиентов. Рассчитывается значение и направление градиента. Угол направления вектора градиента округляется кратно 45°.

– Подавление немаксимумов. Уничтожение неверно детектированных границ, рассматриваются значения градиента в ближайших пикселях, если значение не максимально среди соседей, то значение меняется на 0, иначе остаётся прежним.

– Двойная пороговая фильтрация. Разделение на «сильные» и «слабые» границы. [1].

2. Реализованные задачи

Целью данной работы является реализация детектора Кэнни на языке Kotlin, ввиду дополнительных конвертаций изображения для работы с OpenCV мы можем сравняться по скорости, не теряя в качестве детекции границ объектов с эталонной реализацией.

Для успешного достижения поставленной цели задача разделена на части.

Во-первых, будет изучен каждый этап обработки изображения, а именно перевод фотографии в серые тона, применение размытия по Гауссу (“gaussian blur”), применение ядра Собеля, с последующим применением алгоритма Кэнни. На данном этапе найдём наиболее подходящее решение, с учётом требуемой высокой скорости и качества обработки изображения.

Во-вторых, будет реализован детектор Кэнни, с учётом ранее выбранных математических инструментов, на языке программирования Kotlin.

В-третьих, будет подключена библиотека OpenCV и проверена скорость обработки тестовых изображений и оценим качество детекции нашей реализации и эталонной.

3. Анализ предметной области для реализации Canny detector

Перевод изображения в серые оттенки

Изначально мы должны перевести цветное входное изображение в серые оттенки. Произведём данное действие с помощью усреднение значений RGB:

$$Y' = (R + G + B) / 3, \quad (1)$$

Y' - измененный пиксель изображения, R - градация красного цвета пикселя Y , G - градация зелёного цвета, B - градация синего цвета.

Сглаживание

Размытие по Гауссу – фильтр, ядро которого вычисляется с использованием функции распределения Гаусса.

Существует две вариации функций для ядра применяемые для размытия изображения. Первый вариант предполагает использование двумерной функции (2) для построения матрицы и однократное прохождение по изображению, смещая данную матрицу, а второй – использование одномерной функции (3) и прохождение сначала по горизонтали, а потом по вертикали.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\delta^2} e^{-\frac{(x^2 + y^2)}{2\delta^2}} \quad (2)$$

где, δ – стандартное отклонение нормального распределения, x – горизонтальное смещение от центра ядра свёртки, y – вертикальное смещение от центра ядра свёртки.

Полученная матрица коэффициентов из формулы (2) обладает симметрией, что позволяет математическими преобразованиями

сократить время обработки изображений. Для этого необходимо построить одномерный массив коэффициентов по формуле (3).

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta^2}} e^{\frac{-x^2}{2\delta^2}} \quad (3)$$

где δ – стандартное отклонение нормального распределения, x – смещение от центра ядра свёртки.

Полученный массив используют дважды: сначала проходят вектором-строкой по горизонтали, потом по вертикали в виде вектора-столбца. В итоге получается то же самое изображение, что и после применения двумерного размытия Гаусса, однако временная сложность алгоритма вместо квадратичной $O(n^2)$ становится линейной $O(2n)$ [4]. Выбор математической функции очевиден, двойной проход одномерной функцией Гаусса по скорости обходит при прочих равных двумерную реализацию в 155 раз, имея искажение около 0.005%.

Предварительная детекция границ. Поиск градиентов.

Для обнаружения границ используются аналоги производных первого и второго порядка. Вычисление первой производной цифрового изображения основано на различных дискретных приближениях двумерного градиента. По определению, градиент изображения $f(x, y)$ в точке (x, y) — это вектор:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Важную роль при обнаружении контуров играют такие характеристики, как модуль этого вектора: $|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ и направление вектора градиента:

$$\alpha(x, y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (5)$$

В нашей работе применим ядро Собеля (6), так как данный оператор чаще остальных применяется для анализа изображений. [2].

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Детектор границ Кэнни

Детектор Кэнни включает в себя все вышесказанные этапы, а также подавление немаксимумов и двойную пороговую фильтрацию, принцип работы подавления представлен на рис. 1.

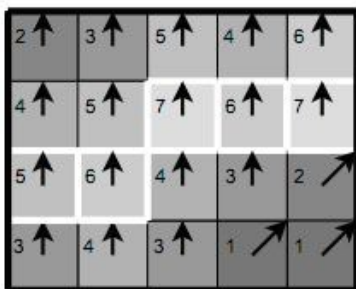


Рис. 1. Принцип подавления немаксимумов

Анализируя рисунок, можно сказать, что многие пиксели имеют ориентированные вверх градиенты, которые и считаются потенциальными границами объекта. Путём сравнения значений градиента в данных пикселях выделяем окончательные границы с локальными максимумами среди соседей (на рисунке обведены белым контуром), остальные – подавляются.

Далее применяется двойная пороговая фильтрация. В зависимости от поставленной задачи необходимо определить оптимальные значения фильтров, так как при снижении порогов число границ будет выше, однако такая детекция сильнее подвержена шуму, что снизит эффективность обнаружения, а, наоборот, при увеличении мы будем игнорировать «слабые» границы, но увеличим устойчивость к внешним помехам.

Итогом анализа предметной области является нахождение математических алгоритмов, отвечающие высоким требованиям по скорости работы, исполнения детектора Кэнни.

4. Анализ средств реализации

Рассмотрим архитектуру приложения подробнее (рис. 2).

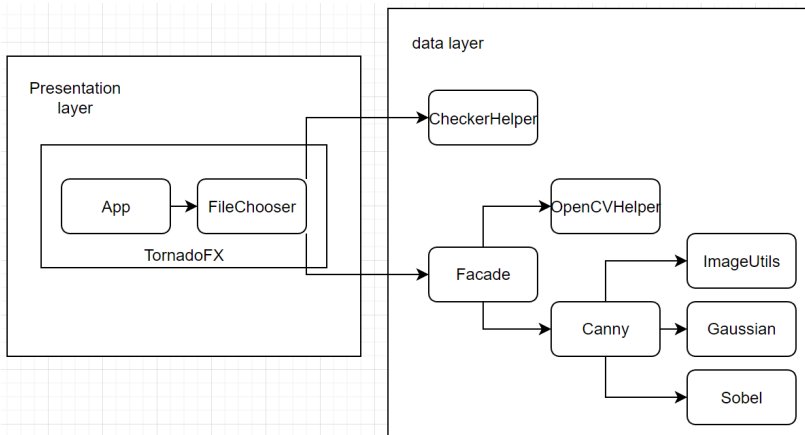


Рис. 2. Архитектура приложения

Приложение многоуровневую архитектуру:

Слой представления (presentation layer);

Слой бизнес-логики (data layer).

Уровень представления представлен 2 классами и отвечает за взаимодействие пользователя со слоем бизнес-логики.

Уровень бизнес-логики состоит из 7 классов, отвечающих принципу single responsibility – одному из основополагающих частей объектно-ориентированного подхода в программировании, путём реализации шаблона проектирования facade.

Основные бизнес-процессы, реализованные в приложении, отражены на диаграмме IDEF0 (рис. 3).

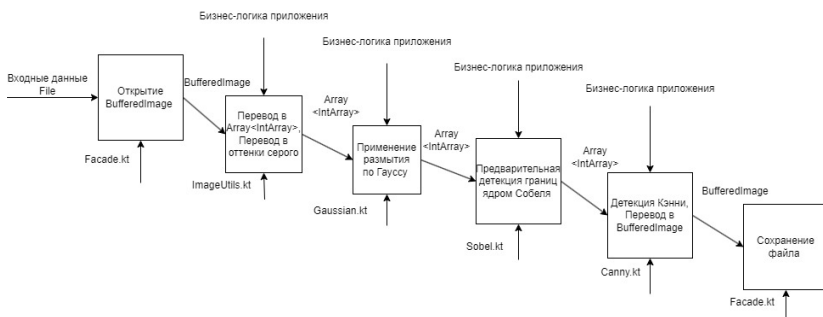


Рис. 3. Диаграмма IDEF0

Структура приложения представлена на диаграмме классов (рис. 4).

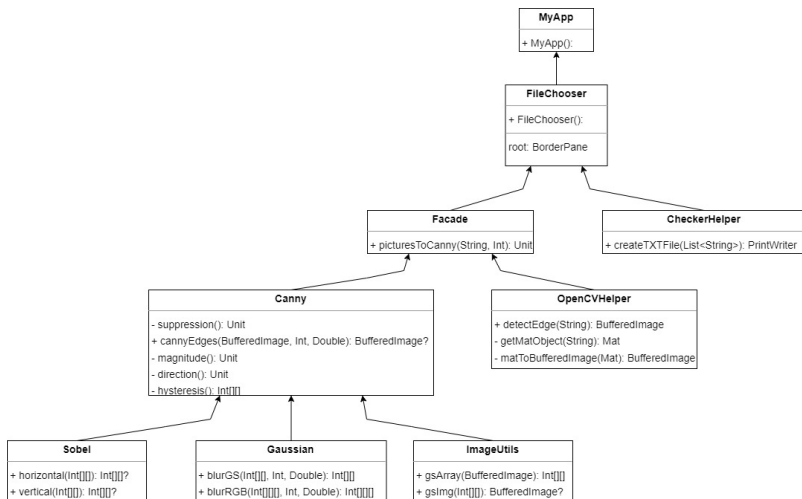


Рис. 4. Диаграмма классов приложения

Рассмотрим особенности библиотеки OpenCV. Библиотека имеет несколько ограничений в работе:

Продукт не работает напрямую с изображением, а двумерное представление конвертируется в трёхмерное. После обработки требуется конвертация обратно в изображение.

Библиотека не поддерживает работу с кириллицей, что ограничивает её применение в русскоговорящих странах.

Для подключения OpenCV необходимо добавить соответствующую зависимость в код, а также написать 2 адаптера-конвертера (ввиду пункта 1) и вызвать соответствующую функцию преобразования изображения.

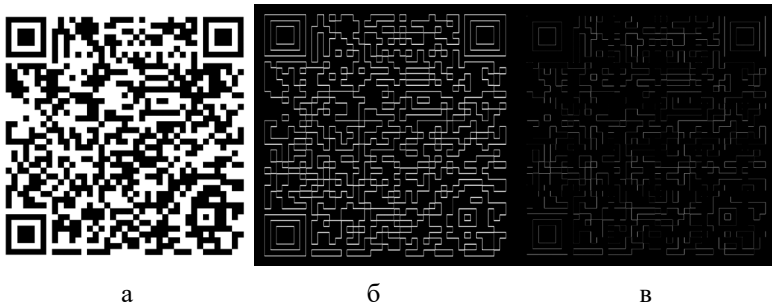
5. Сравнение производительности и качества обнаружения границ эталонной реализации детектора Кэнни OpenCV и написанной реализации

При данном тестировании были выбраны 9 изображений QR-кодов [3] и проведена оценка скорости работы и субъективная оценка качества.

Рассмотрим изображение с самым низким отставанием между реализациями и проведём анализ качества детекции (рис. 5).

Согласно проведенным тестированиям, скорость обработки изображения реализация на Kotlin отстаёт от эталонной на 28,3% (829

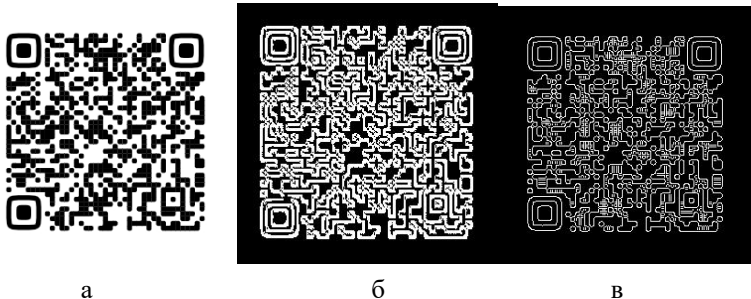
мс против 646), однако качество обработки двух реализаций сопоставимо.



а – исходное изображение, *б* – детекция Kotlin Canny detector (829 мс),
в – детекция OpenCV Canny detector (646 мс)

Рис. 5. Детекция линий QR-кода (лучшее соотношение скорости Kotlin Canny detector относительно OpenCV Canny detector)

Рассмотрим наихудший случай по разнице в скорости между реализациями (рисунок 6).



а – исходное изображение, *б* – детекция Kotlin Canny detector (51 мс),
в – детекция OpenCV Canny detector (28 мс)

Рис. 6. Детекция линий QR-кода (худшее соотношение скорости Kotlin Canny detector относительно OpenCV Canny detector)

Скорость обработки нашей реализацией ниже на 82,1% по сравнению с эталонной. Качество детекции выше на эталонной реализации, Kotlin реализация потеряла мелкие детали на обработанном изображении (разрешение: 281×281 пикселей).

Остальные показатели скорости приведены в таблице 2.

Таблица 1

Результаты тестирования реализаций Canny detector (детекция QR-кодов)

№ изображения	Canny detector (Kotlin) Время обработки (мс)	Canny detector (OpenCV) Время обработки (мс)	Отставание от реализации OpenCV	Разрешение
1	1258	869	+44,76%	1960 × 1960
2	1065	773	+37,77%	1960 × 1960
3	884	644	+31,06%	1960 × 1960
4	962	679	+41,69%	1960 × 1960
5	862	655	+31,6%	1960 × 1960
6	842	639	+31,77%	1960 × 1960
7	911	667	+36,58%	1960 × 1960
8	829	646	+28,33%	1980 × 1980
9	51	28	+82,14%	281 × 281

Согласно данным, исключая из расчёта наилучший (28,3%) и наихудший (82,1%) случай, среднее отставание по скорости обработки Kotlin Canny detector от эталонной реализации составляет 37,4%.

Заключение

Подводя итоги, можно отметить качество детекции очень сильно зависит от входных данных, так QR-коды обрабатываются Kotlin реализацией лишь незначительно хуже, чем эталонной. Однако при обработке более сложных изображений с множеством мелких деталей растёт число aberrаций, снижается скорость обработки в ущерб качеству. С другой стороны, даже эталонная реализация не лишена проблем с неточностью детекции [3], но по качеству обработки заметно стабильнее нашей реализации. Скорость обработки является важным параметром, но если число aberrаций значительно, то высокая скорость перестаёт быть преимуществом программы в сравнении с аналогами.

Сформированы перспективные направления дальнейшего развития проекта:

- Проверить оптимальность выбора оператора Собеля (3×3) с возможной заменой на аналогичное ядро размером 5×5 или на фильтр Шарра;

- Получение параметров границ объектов в удобном виде для дальнейших манипуляций над объектами путём внедрения image filtering, morphological transformations.

Список литературы

1. Волохов, В.В. Алгоритм автоматического сбора изображения типа «пазл» из фрагментов [Электронный ресурс]: статья. — Режим доступа: <https://nauchkor.ru/pubs/algorithm-avtomaticheskogo-sbora-izobrazheniya-tipa-pazl-iz-fragmentov-587d363f5f1be77c40d58a79>
2. Детектор границ Канни [Электронный ресурс]: статья. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/114589/>
3. Sanny detector [Электронный ресурс]: документация. — Режим доступа: <https://drive.google.com/drive/folders/107ZqsktJ5tHgngVWT64ZlgOoqq1N1Slo?usp=sharing>
4. Дипломная работа на тему «Оптическое распознавание символов» [Электронный ресурс]: статья. — Режим доступа: <https://bank.nauchniestati.ru/primery/diplomnaya-rabota-na-temu-opticheskoe-raspoznavanie-simvolov-imwp/>
5. ИКС медиа: официальный сайт [Электронный ресурс]: статья. — Режим доступа: <https://www.iksmedia.ru/articles/5894791-Tendencii-razvitiya-kompyuternogo.html>

Анализ алгоритмов глубокого обучения для решения задачи разделения аудиосигнала

Н. А. Селиверстов, email: val23ma@gmail.com

А. Ю. Иванков, email: ivankov@sc.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разделение аудиосигнала является нетривиальной задачей, для решения которой применяются передовые исследования в области глубокого обучения. В настоящей работе произведен анализ трех моделей глубокого обучения, используемых для разделения аудиосигнала, а также рассмотрены особенности подготовки обучающих данных и выбора метрик для подобных моделей.*

Ключевые слова: *глубокое обучение, нейронные сети, обработка звука, разделение аудиосигнала.*

Введение

В настоящее время наблюдается развитие медиасферы: улучшение доступности сети Интернет обеспечивает рост аудитории, а развитие площадок для цифровой дистрибуции позволяет создателям медиаконтента эффективно взаимодействовать с ней. Следствием данных тенденций является повышение спроса на различное программное обеспечение, упрощающее производство медиаконтента. Повышение же вычислительной мощности компьютеров и развитие технологий цифровой обработки сигналов, позволяет разрабатывать эффективные решения, удовлетворяющие этот спрос.

Одним из видов программного обеспечения, которое широко используется для производства медиаконтента, являются программы, плагины и Интернет-сервисы, выполняющие различные действия с аудиосигналами: от редактирования аудиодорожек до генерации аккомпанемента.

Среди перспективных направлений в обработке аудиосигналов можно выделить разработку программных средств, выполняющих разделение аудиосигналов – выделение сигналов, воспроизводимых различными источниками, из смешанного сигнала.

Разделение аудиосигнала может применяться для решения различных задач, например, выделения специфических шумов, однако наиболее популярными сферами использования данной технологии являются музыка и обработка человеческой речи. В области музыки

задача разделения аудиосигнала применяется для выделения партий отдельных инструментов [1-3] из музыкальных произведений, а в области обработки человеческой речи – для выделения речи из зашумленного сигнала [9] или выделения речи отдельных людей из сигнала, содержащего разговор нескольких человек.

1. Задача разделения аудиосигнала и глубокое обучение

Поскольку задача разделения аудиосигнала является нетривиальной, существует большое количество различных подходов к ее решению.

Очевидно, что использование таких простых методов, как линейные фильтры, не позволяет добиться приемлемого качества при разделении аудиосигнала. Таким образом, решение данной задачи стало базироваться на применении алгоритмов машинного обучения.

Такие алгоритмы, как неотрицательная матричная факторизация, позволили добиться значительных успехов по сравнению с использованием линейной фильтрации сигнала, однако получаемые результаты все еще были далеки от практического применения [8].

С течением времени развитие аппаратной базы позволило ученым экспериментировать с алгоритмами глубокого обучения. Развивающиеся технологии нейронных сетей позволили сделать огромный скачок во многих областях компьютерных наук, при этом наиболее заметными стали успехи глубокого обучения в сфере обработки изображений.

Поскольку звук является одномерным сигналом, который может быть преобразован в двумерный при помощи оконного преобразования Фурье, а изображения в свою очередь также являются двумерными сигналами, то многие алгоритмы и подходы глубокого обучения, используемые для обработки изображений, нашли свое применение и в различных задачах, связанных с обработкой аудиосигналов. Таким образом, глубокое обучение стало основным средством, используемым для решения задачи разделения аудиосигнала, которая может рассматриваться как процесс сегментации исходного сигнала.

Существует обширное множество различных алгоритмов, подходов и моделей глубокого обучения, применяемых для разделения аудиосигнала. В рамках данной работы рассмотрены следующие модели глубокого обучения:

- Wave-U-Net как пример использования классической U-Net архитектуры для решения задачи разделения аудиосигнала;
- Band-split RNN как пример рекуррентной нейронной сети, позволяющей добиваться высокого качества разделения аудиосигнала;
- Hybrid Demucs как пример успешной интеграции двух U-net-like сетей в рамках одной архитектуры для разделения аудиосигнала.

2. Подготовка набора обучающих данных

Поскольку алгоритмы глубокого обучения склонны к проявлению эффекта переобучения при недостатке обучающих данных, то для повышения точности моделей зачастую прибегают к аугментации обучающих данных в тех случаях, когда задача позволяет эффективно их применять.

В случае применения глубокого обучения для решения задачи разделения музыкального аудиосигнала проблема переобучения, вызванная недостаточным объемом обучающих данных, заключается в том, что модель становится слишком чувствительна к музыкальным характеристикам тех фрагментов, на которых она обучается, что снижает ее точность при разделении музыкальных фрагментов, обладающих другими характеристиками, например, другой мелодической линией или ритмическим рисунком. Однако специфика задачи разделения музыкального аудиосигнала позволяет эффективно применять аугментацию данных, увеличивая разнообразие музыкальных характеристик обучающих фрагментов.

Существует большое количество возможных методов аугментации данных для обучения сетей, выполняющих разделение музыкального аудиосигнала [3, 4]. Рассмотрим некоторые из них:

- Смена каналов – для стереосигналов можно поменять местами правый и левый каналы для каждого из выделяемых источников;
- Изменение громкости источников;
- Случайное разбиение сигналов каждого из источников;
- Смешивание источников из разных музыкальных фрагментов в рамках одного нового фрагмента;
- Изменение тональности музыкального фрагмента или отдельного источника;
- Изменение темпа музыкального фрагмента
- Применение музыкальных эффектов, например, реверберации и др.

Для достижения большей эффективности возможно комплексное применение перечисленных методов. Например, при объединении двух фрагментов можно производить смещение высоты басовых партий, основываясь на их хромограммах, а также изменять темп, отслеживая биты перкуSSIONных партий. Такой подход позволяет получать более правдоподобные фрагменты для расширения обучающей выборки.

3. Обзор архитектуры Wave-U-Net

U-Net – это сверточная нейронная сеть, разработанная для эффективной сегментации биомедицинских изображений [7]. Поскольку фильтрацию спектрограммы смешанного сигнала с целью выделения

сигналов различных источников можно представить, как сегментацию данной спектрограммы, сеть U-Net стала также эффективным средством, используемым для разделения аудио сигналов.

Сеть U-Net является полносвязной нейронной сетью, обладающей архитектурой encoder-decoder. В роли кодировщиков выступают слои прямой свертки, каждый из которых уменьшает размер изображения вдвое, но удваивает количество каналов. В роли же декодеров выступают слои обратной свертки, при этом для сохранения высокого уровня детализации в сети U-Net добавлены дополнительные пропускные соединения между слоями кодировки и декодировки одного уровня иерархии. Выходной слой сети предоставляет маску, умножение которой на спектрограмму смешанного сигнала позволяет получить спектрограмму выделенного сигнала, из которой он может быть восстановлен.

Несмотря на то, что применение U-Net архитектуры для разделения аудио сигнала позволило добиться заметного улучшения качества разделения, подход, основанный на сегментации спектрограмм, имеет ряд проблем, связанных с подбором гиперпараметров оконного преобразования, а также фазой сигнала.

Для решения данных проблем была предложена модель Wave-U-Net, которая является модификацией архитектуры U-Net, позволяющей работать не со спектрограммами сигнала, а непосредственно со звуковой волной [1]. Архитектура сети Wave-U-Net приведена на рис. 1.

Для выполнения поставленных задач сеть Wave-U-Net обладает рядом особенностей и модификаций:

- Использование одномерных сверток, во временном домене;
- Изменение выходного слоя, который позволяет получить сигнал источника, как разницу между смешанным сигналом и суммой сигналов других источников;
- Использование линейной интерполяции в upscaling блоках с целью уменьшения артефактов, возникающих при использовании шагающей транспонированной свертки.

4. Обзор архитектуры Band-split RNN

Многие архитектуры нейронных сетей, применяемые для разделения аудио сигнала, основаны на общих методах и подходах, которые используются в алгоритмах глубокого обучения для обработки звука, и не учитывают звуковых особенностей источников музыкального звука.

Для решения данной проблемы была предложена архитектура нейронной сети Band-split RNN, которая обеспечивает лучшее качество выделения источников за счет использования информации о спектральных характеристиках, характерных для конкретных музыкальных источников [2].

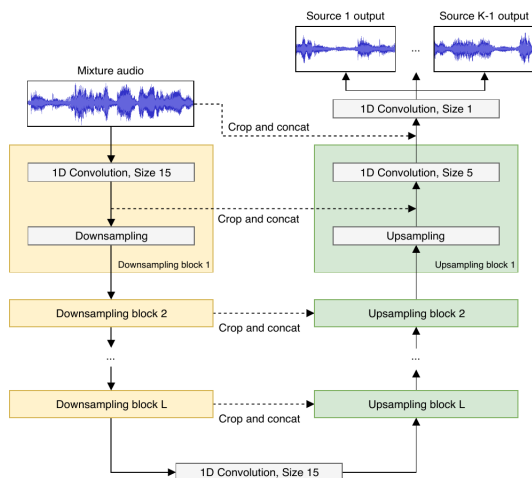


Рис. 1. Архитектура сети Wave-U-Net [1]

Например, для басовых партий известно, что они лежат в области низких частот, тогда при разделении спектрограммы можно уменьшить размер полос в этой области спектра для увеличения частотного разрешения в ней при сохранении вычислительных ресурсов на обработку менее значимых высоких частот.

Рассмотрим архитектуру сети Band-split RNN, представленную на рисунке 2:

- Модуль разделения полос принимает комплексную спектрограмму смешанного сигнала, затем разбивает ее на несколько полос, после чего для каждой из полос выполняется нормализация и генерация полосы действительных частот. На выходе блока все полученные полосы объединяются в тензор;

- Модуль моделирования полос и последовательностей осуществляет обработку тензора при помощи двух последовательных RNN: сначала по временному измерению, затем по полосам. Результатом является тензор той же размерности, которая была на входе;

- Модуль оценки маски позволяет получить маску, умножение которой на исходный сигнал позволяет получить спектрограмму

искомого источника. Для этого сначала производится разделение тензора на полосы, затем для каждой полосы вычисляется маска, наконец, полученные маски объединяются в итоговую маску источника

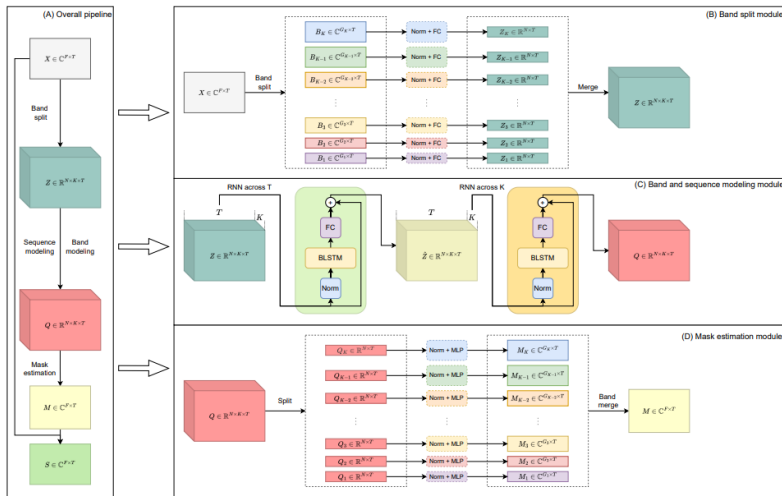


Рис. 2. (А) Общая структура сети; (В) Модуль разделения полос; (С) Модуль моделирования полос и последовательно стей; (D) Модуль оценки маски [2]

5. Обзор архитектуры Hybrid Demucs

Архитектура Hybrid Demucs, представленная на рисунке 3, в настоящий момент является одной из лучших моделей, применяемых для разделения аудиосигнала [3]. Высокое качество разделения достигается за счет использования двух взаимосвязанных сетей U-Net-Like: первая сеть, как и Wave-U-Net, работает с исходным сигналом, выполняя свертки во временном домене, в то время как вторая сеть работает со спектрограммой сигнала. Выходы энкодеров обеих сетей обладают одинаковой размерностью и суммируются в слое «бутылочного горлышка». Итоговый сигнал получается путем сложения спектрограммы, полученной на выходе спектральной ветви и преобразованной при помощи обратного оконного преобразования Фурье, и сигнала, полученного на выходе временной ветви.

Использование двух представлений аудиосигнала – одномерной волны и спектрограммы – позволяет сократить специфичные для каждого из этих видов артефакты и искажения.

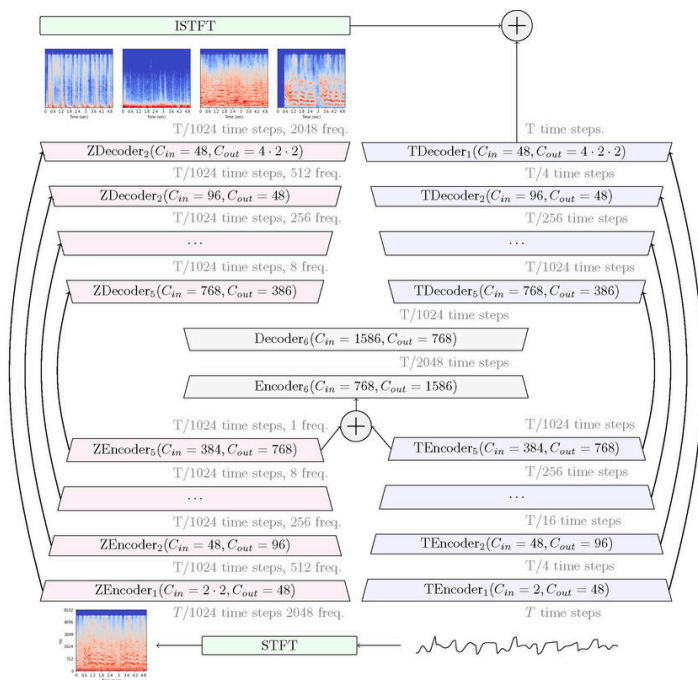


Рис. 3. Архитектура сети Hybrid Demucs [3]

6. Метрики оценки качества моделей глубокого обучения для разделения аудиосигнала

Для оценки качества любой модели глубокого обучения необходимо определить метрику – функцию, отображающую точность соответствия ожидаемого и фактического результатов выполнения алгоритма. Сложность подбора метрик для решения задачи разделения аудиосигнала заключается в том, что оценки степени различия двух сигналов, вычисляемые при помощи математических функций, существенно отличаются от человеческой оценки этих различий. По этим причинам перспективным направлением исследованием является разработка метрик, хорошо коррелирующих с особенностями человеческого восприятия звука [5, 6]. Однако такие метрики обладают и рядом недостатков, затрудняющих их применение для обучения нейронных сетей – сложность определения, субъективизм и неоднозначность.

Таким образом, наиболее популярной метрикой, применяемой для оценки качества разделения аудиосигнала, является метрика SDR (Signal

To Distorsion), вычисляемая по формуле (1). Несмотря на то, что сигналы, обладающие одинаковой оценкой SDR, могут значительно различаться для человека, формальность и однозначность оценки делают данную метрику универсальны выбором для сравнения точности различных моделей [5].

$$SDR = 10 \log_{10} \left(\frac{\|s_{target}\|^2}{\|e_{interf} + e_{noise} + e_{artif}\|^2} \right) \quad (1)$$

где s_{target} – чистый сигнал источника, e_{interf} – добавленные наложением искажения, e_{noise} – добавленные шумы, e_{artif} – добавленные артефакты.

Заключение

В рамках данной работы была показана необходимость и обусловленность применения глубокого обучения для решения задачи разделения аудиосигнала, произведен анализ нескольких моделей нейронных сетей, созданных для ее решения, а также приведены способы аугментации данных при обучении подобных нейросетей и кратко рассмотрена проблема выбора метрик для оценки их точности.

Список литературы

1. Stoller, D. Wave-U-Net: A Multi-Scale Neural Network for End-to-End Audio Source Separation / D. Stoller, S. Ewert, S. Dixon // International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR). – 2018. – DOI: 10.48550/arXiv.1806.03185.
2. Yi L. Music Source Separation with Band-split RNN / L. Yi, Y. Jianwei // IEEE/ACM Transactions on Audio Speech and Language Processing. – 2022. – DOI: 10.48550/arXiv.2209.15174.
3. Defossez A. Music Hybrid Spectrogram and Waveform Source Separation / A. Defossez // arXiv e-prints. – 2022. – DOI: 10.48550/arXiv.2111.03600.
4. Improving Music Source Separation Based on Deep Neural Networks through Data Augmentation and Network Blending / S. Uhlich [и др.] // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – 2017. – DOI: 10.1109/ICASSP.2017.7952158.
5. Cano E. Evaluation of Quality of Sound Source Separation Algorithms: Human Perception vs Quantitative Metrics / E. Cano, D. FitzGerald, K. Brandenburg // European Signal Processing Conference (EUSIPCO). – 2016. – DOI: 10.1109/EUSIPCO.2016.7760550.
6. Kastne, T. An Efficient Model for Estimating Subjective Quality of Separated Audio Source Signals / T. Kastner, J. Herre // IEEE Workshop on

Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA). – 2019. – DOI: 10.1109/WASPAA.2019.8937179.

7. Ronneberger, O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI). – 2015. – DOI: 10.48550/arXiv.1505.04597.

8. Févotte, C. Single-channel audio source separation with NMF: divergences, constraints and algorithms / C. Févotte, E. Vincent, A. Ozerov // Audio Source Separation. – 2018. – HAL Id: hal-01631185.

9. Singing voice separation with deep U-Net convolutional networks / A. Jansson [et al.] // International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR). – 2017. – ORCID: 0000-0001-8028-9905.

Цифровое средство защиты результатов интеллектуальной деятельности

М. Ю. Толстых^{1,2}, e-mail: marina_lion@mail.ru,
Й. Печкайтите², e-mail: pechkaitite_jovita5@gmail.com

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный лингвистический университет»

² ФГБОУ ВО «Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В. Я. Кикотя»

Аннотация. *Описан концепт и его программная реализация в части обеспечения защиты интеллектуальной собственности посредством депонирования материалов на веб-ресурс и генерации QR-кода.*

Ключевые слова: *интеллектуальная собственность, защита, информационная безопасность, QR-код.*

Введение

Защита интеллектуальной собственности актуальна для многих областей человеческой деятельности [1, 2]. С развитием Интернета, цифровизацией общества и глобализацией рынков потребления возросло количество случаев нарушения прав на интеллектуальную собственность, которая фактически представляет собой информацию, безапелляционный ценнейший актив любого субъекта [3-5]. Особенно остро данный вопрос встает в отношении цифрового контента, который может быть легко скопирован и распространен без разрешения правообладателя.

С точки зрения аксиологии, уважение к трудам и результатам деятельности чужого сознания и интеллекта является важной составляющей правовой системы и социальной этики. Для того, чтобы более глубоко изучить затронутую тему, необходимо ознакомиться с понятием интеллектуальной собственности, рассмотреть ее значимость для научного сообщества и важность ее защиты, возможно, реализовать просветительскую деятельность по данной проблематике.

Сказанное подтверждает актуальность и цель научно-исследовательских работ, ориентированных на оптимизацию имеющихся и разработку новых средств обеспечения информационной безопасности в соответствующей сфере и популяризацию

интеллектуальной деятельности в широком разнообразии ее результатов.

Инструментарием защиты результатов интеллектуальной деятельности может быть цифровой продукт, представляющий собой веб-сайт, функционал которого позволит быстро и прозрачно ознакомиться с понятием и главными аспектами в направлении интеллектуальной собственности, а также одновременно будет являться способом защиты оригинальной умственной трудовой деятельности научного, познавательного и творческого содержания.

Обоснование создания веб-ресурса и применения QR-кода как средства защиты

Для расширения возможностей защиты интеллектуальной собственности научного содержания (статьи, научные работы, диссертации, дипломы и т.д.) предлагается создать программное обеспечение в виде веб-приложения, позволяющего любому обладателю интеллектуального труда зарегистрировать свою работу на сайте посредством загрузки в его базу данных, осуществив тем самым депонирование, с помощью технологий искусственного интеллекта сгенерировать QR-код, который может восприниматься аналогично знаку защиты авторского права (копирайт), при сканировании которого будет отображаться основная информация об авторе произведения.

Обозначим основания, по которым QR-код можно использовать как средство защиты интеллектуальной собственности.

Основные преимущества QR-кода:

– Простота в использовании. QR-код может быть мгновенного отсканирован с помощью любого устройства с камерой, также его легко создать и распечатать, что упрощает пользователю получить доступ к данным.

– Вместимость. QR-код способен содержать большой объем данных, благодаря этому можно добавлять ссылки, фото и прочие данные.

– Безопасность. QR-код может быть использован для включения защищенной информации, например шифрованные ключи. QR-код поддерживает несколько способов кодирования данных в зависимости от используемых символов: цифровое, буквенно-цифровое, побайтовое кодирование. Внедрение многофакторной аутентификации, например одноразовых кодов, способствует повышению уровня безопасности.

– Универсальность. QR-код принят и поддерживается различными устройствами и приложениями.

Таким образом, QR-код прост и действен, современен и популярен, с точки зрения вычислений более привязан к исходному материалу, который необходимо верифицировать или защитить.

Актуальность создания сервиса защиты результатов интеллектуальной деятельности, одновременно являющимся справочным репозиторием по базовым вопросам интеллектуального права, обуславливается возможностью повышения эффективности защиты трудов (в данном примере, научных) от несанкционированного копирования и распространения.

Приложение предлагает практическую реализацию процессов взаимодействия авторов научных трудов с интеллектуальной собственностью на базе современных информационных технологий: краткое ознакомление с главными теоретическими аспектами, создание личного кабинета на сервисе, заполнение необходимых сведений и генерирование QR-кода.

Функционал сайта включает следующее (рис. 1).

Теоретические сведения об интеллектуальной собственности	<ul style="list-style-type: none">• На сайте представлена краткая информация о том, что такое интеллектуальная собственность кому она интересна, а также приведены способы защиты
Регистрация аккаунта	<ul style="list-style-type: none">• Необходима, если пользователь планирует защитить свой интеллектуальный труд с помощью генерируемого на сайте QR-кода
Образовательные ресурсы	<ul style="list-style-type: none">• Веб-сайт предлагает обратиться к библиотеке, где помимо ознакомления с содержанием статей, диссертаций, докладов и иных научных результатов, имеется возможность посмотреть аккаунты авторов и по желанию посмотреть их другие работы
Мониторинг и правоприменение	<ul style="list-style-type: none">• Веб-сайт может предоставить инструменты для контроля и выявления потенциальных нарушений прав интеллектуальной собственности. Предполагается такой функционал, как автоматический поиск нарушающего права контента, система уведомлений и механизмы отслеживания
Комплаенс	<ul style="list-style-type: none">• В дальнейшем, если веб-сайт найдет свою аудиторию, возможно установление на данной платформе коммуникаций пользователей с экспертами в области права интеллектуальной собственности, которые могут предоставить консультации и оказать помощь в спорах

Рис. 1. Возможности разработки

Работа сервиса реализована следующим образом (рис. 2): пользователь заходит на сайт, читает полезную информацию об интеллектуальной собственности, регистрирует аккаунт, заполняя информацию о себе, после чего проходит обязательное подтверждение учетной записи с помощью электронной почты. После верификации пользователь получает доступ к своему профилю и может загружать свои научные работы. При выборе советующей функции происходит генерация QR-кода и присвоение работы автору. Защищенная работа хранится в библиотеке сайта.



Рис. 2. Алгоритм работы

Демонстрация разработки и ее тестирование

Демонстрация запуска веб-ресурса и анализ его работы выполняется в роли пользователя. Сайт запущен по URL ссылке, первичная инициализация пройдена, далее описываются действия, которые необходимо осуществить:

Ввести URL страницы и перейти на сайт (рис. 3).

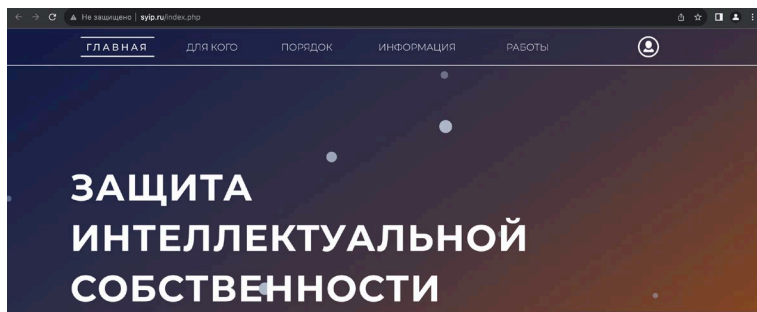


Рис. 3. Стартовая страница веб-приложения

Ознакомиться с краткой информацией (теория, адресность, порядок защиты). Нажать на иконку в правом верхнем углу и пройти регистрацию на аккаунте, нажав кнопку «Создать». Перейти в свой аккаунт и добавить свою научную работу (рис. 4).

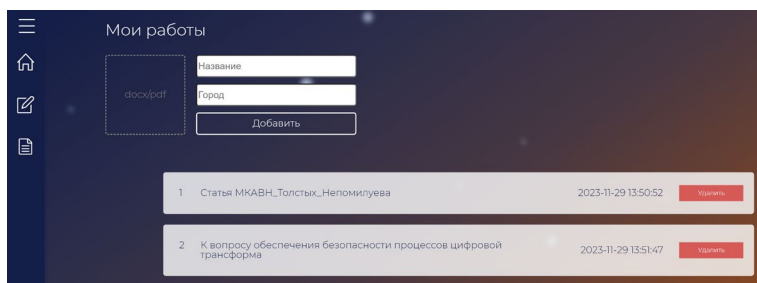


Рис. 4. Личный кабинет пользователя

Получить сгенерированный QR-код как средство защиты прав на интеллектуальную собственность (рис. 5).

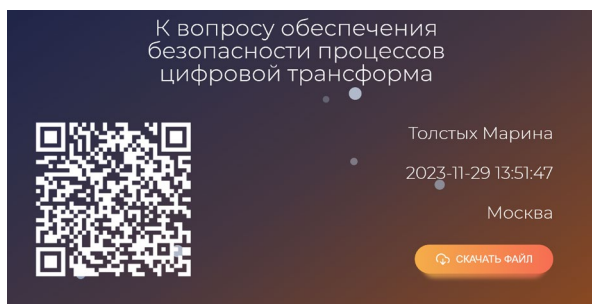


Рис. 5. QR-код как средство защиты научной статьи

Веб-сайт как цифровое средство защиты результатов интеллектуальной деятельности отличается высокой скоростью работы, что помогает эффективно обрабатывать большой объем данных в реальном времени. В перспективе возможно его усовершенствование путем добавления большей базы данных, а также подключение юридического ассистента, либо ресурсов верификации на оригинальность (системы «Антиплагиат»).

Заключение

Несмотря на все преимущества интеллектуальной собственности, существуют определенные сложности, которые требуют внимания и решения. В частности, в эпоху цифровых технологий и глобализации, защита интеллектуальной собственности становится более сложной задачей. Необходимо разрабатывать эффективные методы борьбы с несанкционированным использованием и нарушением авторских и иных прав.

Востребована сбалансированная система, учитывающая теоретические основы, правовые нормы и практические аспекты агрегации интеллектуальной деятельности и передовых цифровых технологий, которая сможет эффективно поддерживать инновации, защищать интересы и обеспечивать устойчивое развитие в эпоху искусственного интеллекта

В данной работе было предложено цифровое решение для повышения уровня знаний, умений и навыков в области информационной безопасности, решения вопроса защиты интеллектуального труда путем депонирования. Разработанный веб-сайт представляет цифровой инструмент в области взаимодействия авторов научных трудов с интеллектуальной собственностью. Генерируемое средство защиты авторского контента в виде QR-кода является современным и цифровым аналогом знака копирайта.

Комбинируя теоретические сведения об интеллектуальной собственности, регистрацию аккаунта, образовательные ресурсы, а также возможность юридической поддержки, веб-сайт обеспечивает полный цикл защиты результатов интеллектуального труда (в данном исследовании – научных).

Список литературы

1. Зенин, И. А. Право интеллектуальной собственности : учебник для вузов / И. А. Зенин. – 11-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 577 с.

2. Право интеллектуальной собственности : учебник для вузов / Л. А. Новоселова [и др.] ; под редакцией Л. А. Новоселовой. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 335 с.

3. Еремина, Д. А. Проблемы защиты авторских прав в цифровой среде / Д. А. Еремина // Современный ученый. – 2022. – № 2. – С. 291-295. – EDN UETJOT.

4. Лопатина, А. Е. Цифровое пиратство и проблемные аспекты защиты объектов авторских прав / А. Е. Лопатина, С. В. Братчикова, С. П. Зорина // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2023. – № 7(83). – С. 198-202. – EDN JHCGQL.

5. Мирошниченко, А. В. Особенности правовой защиты авторских прав в сети "Интернет" / А. В. Мирошниченко // E-Scio. – 2021. – № 10(61). – С. 551-558. – EDN JQRRKQ.

Использование архитектуры YOLOv8 в системах спекл-лазерной диагностики элементов остекления кабин самолетов

Тюрнев Д.И. e-mail: 33dd44dd55ddd@gmail.com

Павлов П.В. e-mail: pavlov.pave@yandex.ru

Сухачев Н.В. e-mail: n-suhachev@mail.ru

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

***Аннотация.** В работе представлены результаты натурных испытаний программного модуля определения величины выхода остекления из заделки при создании избыточного давления внутри кабины. Применение для автоматического распознавания контролируемых участков остекления нейросети на архитектуре YOLOv8 позволяет по анализу изменения параметров регистрируемых спекл-картин сократить время диагностики, а также автоматически определить место положение и степень опасности обнаруженного дефекта.*

***Ключевые слова:** Неразрушающий контроль, распознавание, определение перемещений, спекл, сверточная нейросеть, YOLO.*

Введение

Для повышения достоверности результатов технической диагностики элементов остекления кабин самолетов на сегодняшний момент разработаны устройства неразрушающего контроля принцип работы которых основаны на использовании методов акустической эмиссии [1] и спекл-структур оптического излучения [2], однако результаты их практического применения показали, что традиционный «ленточный метод» остается более простым и оперативным в эксплуатации. Для повышения оперативности и автоматизации процесса определения места положения и степени опасности обнаруженного дефекта предлагается использовать алгоритмы семантической сегментации, классификации контролируемых участков остекления. Для этой цели предлагается использовать сверточную нейросеть (СНС) на архитектуре YOLOv8, позволяющую облегчить работу оператору и сократить время на обработку результатов измерений.

1. Принцип построения и реализации сверточной нейросети

СНС особенно хорошо подходит для обработки оптических изображений. Она может обучаться распознавать сложные образы и структуры на изображениях, что делает их идеальным выбором для конкретной задачи [3, 4].

Для решения этой задачи был реализован процесс семантической сегментации. Семантическая сегментация – это процесс разделения изображения на сегменты, где каждый сегмент представляет собой набор пикселей, принадлежащих одному и тому же классу объектов. В нашем случае на изображении с видеокамеры семантическая сегментация может разделить изображение на области, такие как «маркер», «блик», «надпись» и «обшивка».

За прототип нейронной сети была взята архитектура YOLOv8 [5]. Выбор этой архитектуры был выбран по нескольким причинам:

- скорость: YOLOv8 известна своей скоростью обработки, что может быть полезно для приложений в реальном времени на слабых вычислительных мощностях.

- высокая точность обнаружения объектов: YOLOv8 может обнаруживать и классифицировать различные объекты на изображении в различных условиях и в различном качестве.

- распространенность: YOLO является одной из самых известных моделей для обнаружения объектов, и она широко используется во многих приложениях, что позволяет создать высокий потенциал для модернизации и совершенствования.

Для разработки был использован фреймворк PyTorch в среде разработки Visual Studio Code. PyTorch – это библиотека машинного обучения, которая предоставляет высокоуровневый интерфейс для создания и обучения нейросетей. Visual Studio Code – это легковесная и мощная среда разработки, которая поддерживает множество языков программирования, включая Python.

Использование PyTorch в Visual Studio Code может быть полезным для разработки нейросетей, так как это позволяет разработчикам использовать все возможности этой библиотеки, такие как автодополнение кода, отладка, интеграция с системами контроля версий и многое другое.

Для обучения нейронной сети нам понадобилось 20000 изображений контрольных меток, нанесенных вручную меловым маркером на поверхности остекления кабины самолета под различным ракурсом, с разной мощностью облучения лазера и различной внешней фоновой обстановкой. Данные изображения были использованы как обучающая выборка данных. После обучения нейронная сеть стала

способна автоматически распознавать контрольные маркеры на поверхности остекления кабины с учетом внешних помех и особенностей ракурса съемки, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Принцип обработки и распознавания изображений контрольных маркеров на поверхности остекления нейросетью

После того как нейронная сеть будет обучена, она может быть использована для анализа новых изображений остекления самолета. Сеть будет сканировать изображение и искать области, которые соответствуют обученным образам квадратных белых меток, как показано на рис. 2.

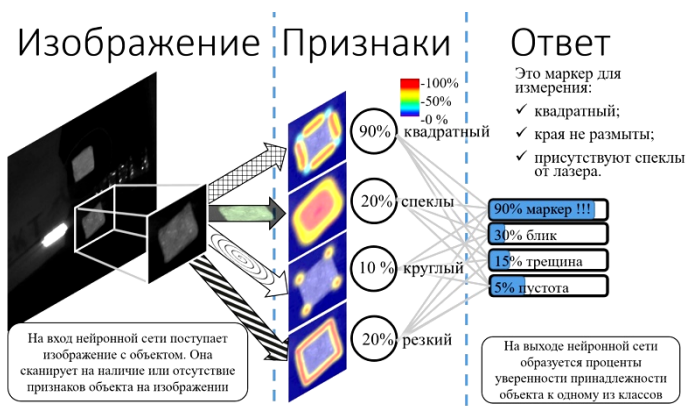


Рис. 2. Процесс распознавания квадратных маркеров на остеклении

Процессы распознавания нанесенных вручную прямоугольных маркеров на контролируемых участках остекления и определения величины их перемещения по анализу параметров регистрируемых спекл-картин при создании избыточного давления внутри кабины реализованы в отдельном программном модуле [6].

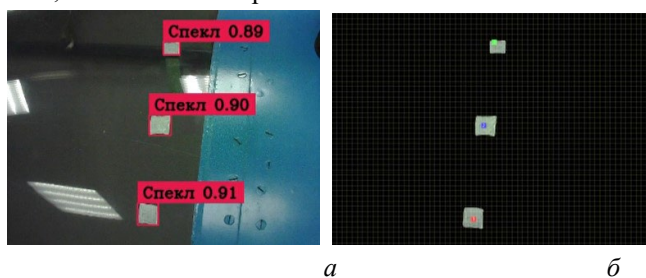
2. Результаты натурных испытаний

Тестирование разработанного программного модуля проводилось на ноутбуке MSI Stealth 15M (A11Sek-206XRU) со следующими характеристиками:

- процессор Intel Core i7-118G7 3ГГц;
- оперативная память DDR4, объем 16 ГБ;
- видеокарта GeForce RTX 2060, тип памяти GDDR6, объем 6 ГБ.

Испытания начинались с подготовительных работ, которые заключались в определении координат мест с максимальным выходом остекления из заделки согласно «Журнала учета контроля технического состояния элементов остекления кабин самолетов», настройки оптической системы и установки оснастки на кабину самолета, юстировки и установки параметров (диафрагма, экспозиция) цифровой видеокамеры для регистрации картины спеклов от участков контролируемой поверхности остекления. Из журнала был выбран участок остекления с максимальным выходом, который составлял 1,5 мм.

Для верификации результатов измерений с «ленточным методом» на дефектном участке остекления были установлены три контрольных маркера, расположенных относительно друг друга на одинаковых расстояниях, как показано на рис. 3а.



а – обнаружение нейросетью квадратного маркера, б – выделение маркера путем наложения маски

Рис. 3. Результаты обработки контролируемых участков остекления нейросетью

Далее контрольные маркеры облучались спекл-полем, регистрировались видеокамерой и при помощи нейросети с использованием семантической сегментации выделялся их четкие границы с последующим наложением маски для выделения контролируемых участков остекления оператору (см. рис. 3б).

Далее оператором на трех контролируемых участках остекления выбирался любой сектор, находящийся на поверхности захваченного маркера, при этом каждый сектор соответствовал определенному цвету: 1-ый – «зеленый», 2-ой (с дефектом) – «синий» и 3-ий – «красный».

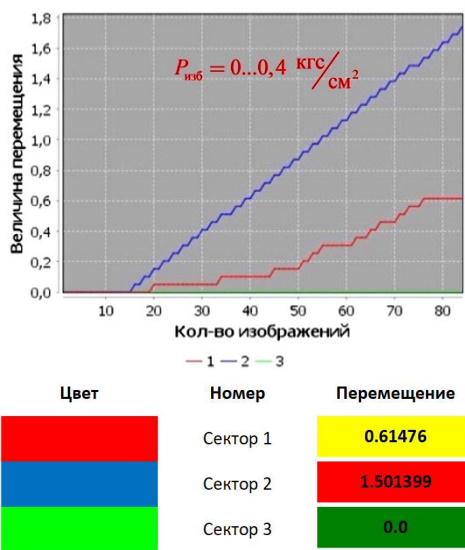


Рис. 4. Графическое и численное отображение результатов измерения величины выхода остекления из заделки

По команде оператора одновременно с началом создания избыточного давления внутри кабины от 0 до 0,4 кгс/см² активировался процесс расчет величины выхода остекления из заделки при этом оператором можно наблюдать изменения величины выхода остекления из заделки как в графическом, так и в численном значении (см. рис. 4). Дополнительно оператор получает информацию о степени опасности обнаруженного дефекта путем изменения цвета ячейки с численным значением величины перемещения: «зеленый» – безопасно; «желтый» – опасно; «красный» – критически опасно. Как видно из результатов испытаний, величина выхода остекления на участке с сектором №2

совпала с результатами измерений «ленточным» методом, что подтверждает достоверность результатов измерений. Однако по сравнению с «ленточным методом», предложенный инструмент, позволяет дистанционно определять величину перемещений элементов остекления при плавном увеличении избыточного давления внутри кабины с одновременной оценкой технического состояния кабины воздушного судна.

Заключение

Таким образом, использование нейросетевой системы лазерной диагностики элементов остекления кабин самолетов позволяет дистанционно в реальном масштабе времени производить измерение величины выходов остекления из заделки, тем самым сократить время оценки технического состояния элементов остекления кабин самолетов, и как следствие повысить оперативность технического обслуживания авиапарка государственной авиации.

Список литературы

1. Попов А. В. Система оценки прочности конструкций авиационной и ракетно-космической техники на основе метода акустической эмиссии / А. В. Попов, Д. Н. Тесля, А. Б. Комлев // Контроль. Диагностика. – 2018. – № 8. – С. 34 - 39.
2. Степанов А. Р. Аппаратно-программный комплекс спекл-лазерной диагностики элементов остекления кабин самолетов / А. Р. Степанов, П. В. Павлов, А. П. Владимиров // Труды МАИ. 2023. № 129. – DOI: 10.34759/trd-2023-129-23
3. Ариничев И. В. Семантическая сегментация ржавчин и пятнистостей пшеницы / И. В. Ариничев, С. В. Полянских, И. В. Ариничева // Компьютерная оптика. – 2023. – Том 47. – № 1. – С. 118-125.
4. Беликов А. А. EFFICIENTUDET – новая архитектура для семантической сегментации изображения / Наукосфера. – 2023. – № 4(2). – С. 191-198.
5. Филичкин С. А. Сравнение эффективности алгоритмов YOLOv5 и YOLOv8 для обнаружения средств индивидуальной защиты человека / С. А. Филичкин, С. В. Вологдин // Интеллектуальные системы в производстве. – 2023. – Т. 21. – № 3. – С. 124-131.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617647 Российская Федерация. Программный модуль определения величины перемещения диффузных объектов по анализу параметров цифровой спекл-фотографии: № 2023616464: заявл. 04.04.2023; опубл. 12.04.2023.

Количественная и качественная фрагментация потока данных

М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
В. С. Родионов, email: tuukvadim@live.com
И. С. Сергеев, email: noctisik76@gmail.com
Е. А. Умрюхин, email: evum12@gmail.com

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

***Аннотация.** В данной работе на основе исследований по извлечению информационного содержания волн была использована возможность структуризации значений амплитуд звукового потока в последовательность качественных структур и последующего восстановления значений амплитуд из этих структур. Подобная структуризация, фиксирующая только характерные точки значения амплитуд как локально минимальные и локально максимальные, позволяет разделить поток на фрагменты, в которых значения амплитуд изменяются в пределах значений кратных двум и для каждого из таких фрагментов определить диапазон значений, соответствующих определенной кратности для данного фрагмента. Далее разделяя фрагмент потока на локально максимальные характерные точки и локально минимальные характерные точки, мы для каждого подмножества потока можем найти глобальный минимум. Относительно этого минимума все дальнейшие значения амплитуд заменяются на приращение относительно минимума каждого из подмножеств. При получении приращения в виде разницы между значением амплитуды и значением минимального значения амплитуды мы получаем значение, которое, как правило занимает меньшее число разрядов, чем исходные значения. Таким образом, чем меньше разброс значения амплитуд, тем большее число разрядов при фиксации данных может быть отброшено. В совокупности применяемых методов структуризации, разделения потока на фрагменты по количественным и качественным характеристикам и предлагаемого метода возможно уплотнить звуковое информационное содержание в виде динамически изменяемой структуры данных в несколько десятков раз с последующим восстановлением значений амплитуд звукового потока.*

Ключевые слова: *качественный подход, информационное содержание, характерная точка, фрагментация потока, структуризация, уплотнение данных, динамически изменяемая структура данных, данные.*

Введение

Необходимо отметить следующую особенность изменения взгляда на одни и те же количественные значения: вначале, это некоторые количественные данные или просто данные, для которых содержание и смысл нами пока не определен. Далее по мере углубления в содержание данных мы будем употреблять термин «информационное содержание» данных или просто «информационное содержание», например, звукового потока, когда известен источник полученных данных и его содержание. Как для просто данных, так и для отражения их содержания будут применяться структуры данных, которые обеспечивают фиксацию и классификации данных по количественным и качественным признакам или характеристикам [1-2].

При обработке потока данных в виде значений амплитуд в случае колебания этих значений в некотором диапазоне (не стационарный процесс), чаще всего, приходится сталкиваться с неоднородностью информационного содержания, отражающего объективную изменчивость состояния окружающего Мира во временных рамках. Эта неоднородность может быть выявлена с количественных и качественных позиций.

Прежде всего, необходимо зафиксировать такую неоднородность фрагментарно, т. е. выделяя ту часть потока данных, для которого наблюдается одна и та же обобщенная картина, характеризующая одно и то же обобщенное содержание в терминах количественных и качественных характеристик. Наблюдая на осциллограмме на рис. 1 участок «тишины», можно отметить весьма ограниченный разброс между максимальным и минимальными значениями амплитуд. В этом случае это будет количественная характеристика. Но, кроме этого, стоит отметить и характерную конфигурацию (структура – это инструмент вскрытия видимой конфигурации) в виде плиточек разной длины, на которых наблюдается неизменность количественного значения амплитуды – это будет в данном случае качественная характеристика.

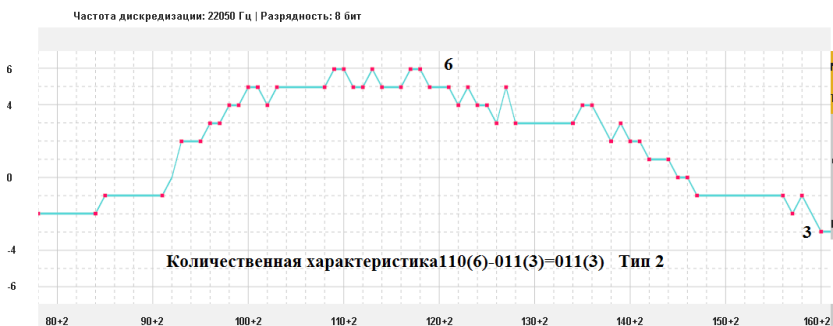


Рис. 1. Фрагмент участка «тишины» для звуковых данных

1. Фиксированная фрагментация, как основа для глобальной фрагментации

Разбиение последовательности значений амплитуд характерных точек и значений количества отсчетов между ними в соответствии с количественными характеристиками, а также и с **качественной** характеристикой такого потока данных на фиксированные участки, на первом этапе, будем называть **локальной фрагментацией**. Для этого вводим фиксированный описатель, который содержит следующие значения:

- Количественная калибровка;
- Качественный признак;
- Минимальное значение амплитуды на фрагменте;
- Максимальное значение амплитуды на фрагменте;
- Количество отсчетов фрагмента;
- Количество отсчетов 1 волны;
- Количество отсчетов 2 волны;
- Максимальное количество отсчетов по прямой;
- Максимальное количество отсчетов по косой.

На этом **фиксированном локальном участке** данных анализируются два локальных минимума и два максимума, а также количество отсчетов между ними, но с увязыванием при рассмотрении количественных характеристик с последующим минимумом и максимумом. Такой участок соответствует введенной структуре – паттерну, именуемому УНИПРИМ [3-4].

Дополнительно к описателю фиксированного фрагментного участка существует обобщенный описатель, который характеризует весь поток данных с обобщенных позиций. К таким характеристикам относится:

- Глобальный минимум по всем фрагментам;

- Глобальный максимум по всем фрагментам;
- Общее число отсчетов по всем фрагментам;
- Максимальное количество отсчетов по прямой;
- Максимальное количество отсчетов по косой.

Далее фиксированные участки могут быть объединены во фрагменты, характеризуемые одними и теми же количественными и качественными характеристиками. Это определяется теми задачами, которые решаются в процессе анализа потока данных.

В качестве такой задачи может быть необходимость калибровки потока данных по разбросу значения амплитуд, являющегося основанием для калибровки участков. Далее рассматривается способ решения подобной задачи на основе количественной калибровки фиксированного фрагментного участка.

2. Обобщающая фрагментация через классификацию по диапазонам на основе количественной калибровки фиксированных фрагментных участков

При сборке обобщенных фиксированных фрагментов имеет смысл рассматривать не каждый отдельный «калибр», а их совокупность, исходя из конкретной ситуации с потоком данных. По факту это **диапазон** значений калибровки, в соответствии с которым будут объединяться подряд идущие фиксированные фрагментные участки. Таким образом, будет формироваться каждый отдельный обобщенный фрагмент, в котором все данные удовлетворяют заданным условиям вхождения в диапазон. В силу объективной упорядоченной последовательности изменения калибров, в начале, в сторону увеличения, а затем, при достижении пиковых значений, в сторону уменьшения, мы получаем вполне упорядоченную фрагментацию. Открытым остается вопрос выбора объединяющих диапазонов калибров. Требуется дополнительный анализ потоков данных, и все необходимые обобщенные характеристики потока для этого имеются.

Для образования по диапазонам калибров обобщенных фрагментов, а по существу, для классификации потока данных, необходимо указать от одного до 8 диапазонов. Тогда будет сформирован единый фрагмент переменной длины, в котором будут отражены характерные количественные и качественные значения этого обобщенного фрагмента. В описатель, который будет сформирован в процессе объединения, будут включены следующие обобщенные значения:

- Максимальное количество отсчетов по прямой и косой;
- Количественный признак калибровки разброса;
- Количественный признак калибровки объединения;

- Длина массива качественных характеристик;
- Минимальное значение по минимумам по фрагменту;
- Максимальное значение по максимумам по фрагменту;
- Минимальное значение по максимумам по фрагменту;
- Максимальное значение по минимумам по фрагменту;
- Количество отсчетов в сумме по фрагменту;
- Ссылка на следующий описатель;
- Последовательности качественных характеристик.

В случае необходимости указанный описатель может быть уменьшен с сохранением общих характеристик, необходимых при анализе потока данных.

Создается и глобальный описатель с характеристиками относительно всего потока и включает в себя три строки.

Первая строка включает 16 значений (байт) диапазонов калибровки по фрагментам

Вторая строка включает 16 параметров (байт), отражающих количество фрагментов, соответствующих значению выше указанных диапазонов.

Третья строка включает:

- Минимальное значение по минимумам по всем фрагментам;
- Максимальное значение по максимумам по всем фрагментам;
- Минимальное значение по максимумам по всем фрагментам;
- Максимальное значение по минимумам по всем фрагментам;
- Количество отсчетов в сумме по всем фрагментам;
- Общее число фрагментов;
- Длина массива представленной фрагментации.

Возможны и другие обобщенные характеристики, которые не включены в вышеуказанные описатели. Но эти характеристики скорее всего будут производными относительно базовых характеристик, в которые, может быть, не полны, но при необходимости этот недостаток может быть устранен.

Представленная классификация может быть использована для сжатия информации по фрагментам. Характеристики калибровки и максимальное значение количества отсчетов по прямой и по косой позволяют оценить необходимое количество разрядов для фиксации количественных характеристик по каждому из фрагментов. Соответственно, для каждого из фрагментов применим оптимальный алгоритм сжатия и восстановления фрагмента. Описатель фрагмента может быть сведен к минимуму используемой памяти, но в нем необходимо предусмотреть индексацию алгоритма упаковки и

восстановления, соответствующего структурному информационному содержанию такого фрагмента. Такая работа уже ведется.

Заключение

Все вышеуказанные аргументы были положены в основу реализованных алгоритмов фрагментации в виде DLL процедур. Процедуры фрагментации позволяют фрагментировать поток в множестве вариаций, а по существу классифицировать количественные данные, а затем производить дополнительное уточнение разбиения на фрагменты в зависимости от рассмотрения определенного типа волн. Ведутся работы по созданию программы, фиксирующей только фрагменты с информационным содержанием, некое подобие программ, включающих запись изображения при наличии движущихся объектов. Также в дополнении к существующему уплотнению звуковой информации при структуризации потока открыта дорога по сжатию звуковой каждого фрагмента с учетом их количественных характеристик.

Список литературы

1. Балакирев, Н. Е. Решение задачи формирования топологической первоосновы на основе матрицы отношений / Н. Е. Балакирев, М. В. Евсева, М. М. Фадеев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.) – Воронеж, 2020. – С. 1559-1566.
2. Гладышев, К. К. Система автоматического распознавания речевых команд / К. К. Гладышев, Е. А. Шульгин // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2009. – № 3. – С. 17-21.
3. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) / Н. Е. Балакирев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIV международной научно-методической конференции (Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.) – Воронеж, 2014. – С. 331-335.
4. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. – 2018. – №4. – С. 768-776.
5. Загуменнов, А. П. Компьютерная обработка звука / А. П. Загуменнов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 582 с.
6. Шрейдер, Ю.А. Системы и модели / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 152 с.

7. Морозов, Н. Основы качественного физико-математического анализа и новые физические факторы обнаруживаемые им в различных явлениях природы / Н. Морозов. – М. : т-во И.Д. Сытина, 1908. – 402 с.
8. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – 3-е изд., испр. – М. : Техносфера, 2019. – 1048 с.
9. Аграновский, А. В. Теоретические аспекты алгоритмов обработки и классификации речевых сигналов / А. В. Аграновский, Д. А. Леднов. – М. : Радио и связь, 2004. – 164 с.
10. Рабинер, Л. Р. Цифровая обработка сигналов / Л. Р. Рабинер, Р. В. Шафер. – М. : Радио и связь, 1981. – 495 с.
11. Гренандер, У. Лекции по теории образов : В 3 т. Т. 1 Синтез образов / У. Гренандер; Пер. с англ. И. Гуревича, Т. Дадашева; Под ред. Ю. Журавлева. – М. : Мир, 1979. – 383 с.
12. Гренандер, У. Лекции по теории образов : В 3 т. Т. 2 Анализ образов / У. Гренандер; Пер. с англ. И. Гуревича, Т. Дадашева; Под ред. Ю. Журавлева. – М. : Мир, 1981. – 446 с.
13. Гренандер, У. Лекции по теории образов : В 3 т. Т. 3 Регулярные структуры / У. Гренандер; Пер. с англ. И. Гуревича, Т. Дадашева; Под ред. Ю. Журавлева. – М. : Мир, 1983. – 430 с.

Влияние параметров светопрозрачных поверхностей на акустооптический канал утечки информации

А. В. Фурсова, email: fursova_arina@inbox.ru

А. В. Яковлев, email: yava73@bk.ru

М. В. Волчихина, email: mariyamoiseeva@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

***Аннотация.** Рассмотрены физические явления, происходящие в светопрозрачной поверхности при воздействии на нее акустического сигнала. Некоторые физические параметры встраиваемых светопрозрачных поверхностей связаны с частотой звука, воздействующих на них, и их зависимость нелинейна, поскольку материалы не поглощают одинаковую долю акустических волн всех частот. Это влияние позволяет моделировать светопрозрачные поверхности как фильтр, исследовать их свойства и создавать эффективные средства защиты.*

***Ключевые слова:** акустооптический канал утечки речевой информации, светопрозрачная поверхность, звукоизоляция.*

Введение

Акустооптический канал утечки речевой информации – это один из технических каналов утечки информации, в котором получение конфиденциальных сведений осуществляется за счет демодуляции лазерного излучения, отраженного от вибрирующей светопрозрачной поверхности помещения.

Поскольку использование лазерных средств акустической разведки для получения конфиденциальной речевой информации не требует проникновения злоумышленника в помещение [1], то данный вид разведки является скрытным. В связи с этим большинство компаний и предприятий приобретают активные средства защиты речевой информации – системы виброакустического шумления [2]. Данные системы включают в себя генератор шума, виброизлучатели и акустоизлучатели. Вибрации в строительных конструкциях зданий уменьшают разборчивость сигнала, получаемый злоумышленником из прослушиваемого помещения. Использование именно активного средства защиты связано с тем, что не всегда при сооружении зданий и установлении оконных конструкциях учитывается дальнейшее назначение проектируемых помещений.

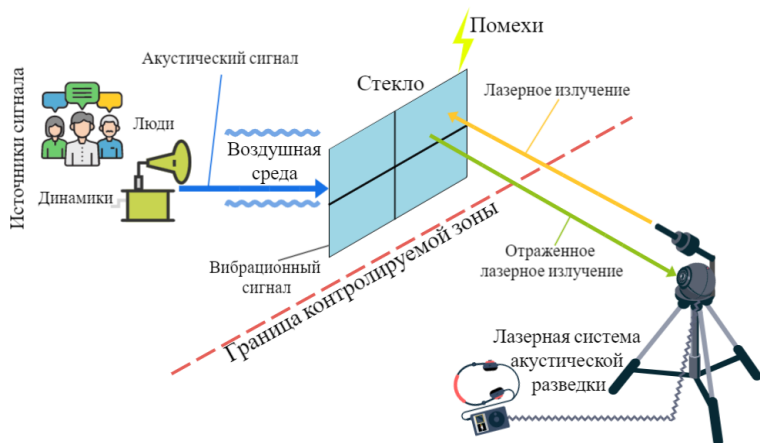


Рис. 1. Схема съема речевой информации с использованием лазерной системы акустической разведки

Однако одним из пассивных методов защиты является изменение строения оконных конструкций, которое позволяет обеспечить виброизоляцию. Изменение толщины стекла, количества стекол в оконной конструкции и наполнения промежутка между ними – все это влияет на уровень вибраций на внешней части светопрозрачной поверхности. В зависимости от параметров светопрозрачная поверхность будет влиять на амплитудно-частотные характеристики сигнала согласно физическим процессам, происходящим в процессе утечки информации по акустооптическому каналу. Поэтому сами светопрозрачные поверхности можно рассмотреть в качестве набора полосовых фильтров, что позволит в дальнейшем создавать эффективные системы защиты акустических сигналов, включающие в себя комбинацию из активных и пассивных методов защиты.

1. Физические процессы при воздействии акустического сигнала на светопрозрачную поверхность

Принцип получения конфиденциальной информации с помощью лазерной системы акустической разведки заключается в получении модулированного по закону акустического сигнала лазерного излучения, отраженного от зондируемого объекта, на фотоприемник, где происходит восстановление информационного сигнала и его дальнейшее сохранение [3]. Зондируемый объект – светопрозрачная поверхность, которая выступает в качестве своеобразной мембраны, создающей вибрации в результате речевой деятельности людей, что

позволяет получить злоумышленнику фонограмму разговора. На границе столкновения с более плотной средой составляющие акустического сигнала отражаются либо поглощаются, вызывая опасные вибрации, которые могут быть перехвачены лазерными системами акустической разведки [4].

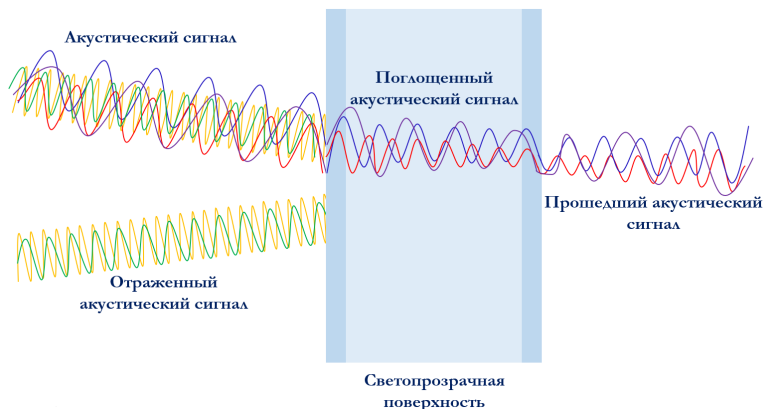


Рис. 2. Схема съема речевой информации с использованием лазерной системы акустической разведки

Отражение части составляющих акустического сигнала можно объяснить таким явлением, как акустическое сопротивление. Акустическое сопротивление (акустический импеданс) – это характеристика вещества, определяющая условия отражения акустических волн на ее границе [5]. Чаще всего используется понятие удельного акустического импеданса. Его значение зависит от площади поверхности, а формула выглядит следующим образом [6]:

$$Z = \rho \cdot c \quad (1)$$

где ρ – плотность среды ($\text{кг}/\text{м}^3$), c – скорость звуковой волны ($\text{м}/\text{с}$).

Скорость звуковой волны выражается формулой [7]:

$$c = \lambda \cdot f \quad (2)$$

где λ – длина звуковой волны (м), f – частота (Гц).

Тогда формула (1) будет выглядеть так:

$$Z = \rho \cdot \lambda \cdot f \quad (3)$$

Акустическое сопротивление прямо пропорционально зависит от длины звуковой волны, плотности среды, а также от частоты. Поэтому можно сделать вывод о том, что при воздействии на плотную среду

(светопрозрачную поверхность) акустического сигнала, его высокочастотные составляющие отражаются от зондируемого объекта и в меньшей степени или вовсе не воздействуют на внешнюю часть светопрозрачной поверхности. Это снижает уровень распознавания злоумышленником содержание конфиденциальных переговоров, полученных в результате съема лазерной системой акустической разведки.

Составляющие, которые подверглись такому физическому явлению, как поглощение более плотной средой, являются наиболее опасными с точки зрения съема по акустооптическому каналу. Такие звуковые волны влияют на внешнюю часть светопрозрачной поверхности, тем самым создавая фонограмму конфиденциального разговора. Любое вещество способно поглощать звуковые волны, однако поглощающая способность различна для каждого отдельного объекта. Коэффициент поглощения звука также связан с частотой звука и их зависимость нелинейна, поскольку материалы не поглощают одинаковую долю акустических волн всех частот.

Таким образом, из-за физических явлений, происходящих с акустическим сигналом при столкновении с плотной средой, происходит ограничение в проникновении отдельных частотных составляющих звуковой волны. Эти ограничения нелинейные, поэтому при дальнейшем моделировании акустооптического канала утечки речевой информации светопрозрачную поверхность можно будет представить в виде набора полосовых фильтров.

2. Параметры светопрозрачной поверхности, влияющие на защиту акустической информации

При противодействии злоумышленнику в акустооптическом канале в основном рассматривают светопрозрачную поверхность как объект, который можно модифицировать таким образом, чтобы изменить угол отражения лазерного излучения или поглотить его полностью. Для этого используются пленки различных видов или же меняют угол наклона одной из светопрозрачных поверхностей в устанавливаемой оконной конструкции.

Для препятствия распространения звуковых волн на внешней части светопрозрачной поверхности вводят понятие звукоизоляции. Повысить уровень звукоизоляции возможно следующими способами:

- изменение наполнения пространства между стеклами;
- увеличение количества используемых стекол в оконной конструкции;
- использование светопрозрачных поверхностей разной толщины;
- изменение расстояния между встраиваемыми стеклами.

Обычное наполнение пространства между светопрозрачными поверхностями оконных конструкций – осушенный воздух. Для обеспечения не только звукоизоляции, но и теплоизоляции, во внутрь камер можно закачать инертный газ.

Самое очевидное решение для повышения звукоизоляции – это увеличить количество стёкол в устанавливаемых конструкциях. Причем данные стекла можно нестандартно расположить внутри оконной конструкции. Например, неэквидистантное расположение стекол относительно друг друга или же установка их под небольшим углом.

Помимо изменения расстояния и количества стекол возможно использование более утолщенного стекла по сравнению с обычными в 4 или 6 мм. Внедрение в оконную конструкцию стекол разной толщины дает меньший провал шумоизоляции на резонансной частоте, чем при реализации оконной конструкции со стеклами разной толщины [8].

На рисунке 3 представлены стандартные показатели звукоизоляции для одинарного стекла, многослойного с одним непоглощающим промежуточным слоем и стеклопакет [9].

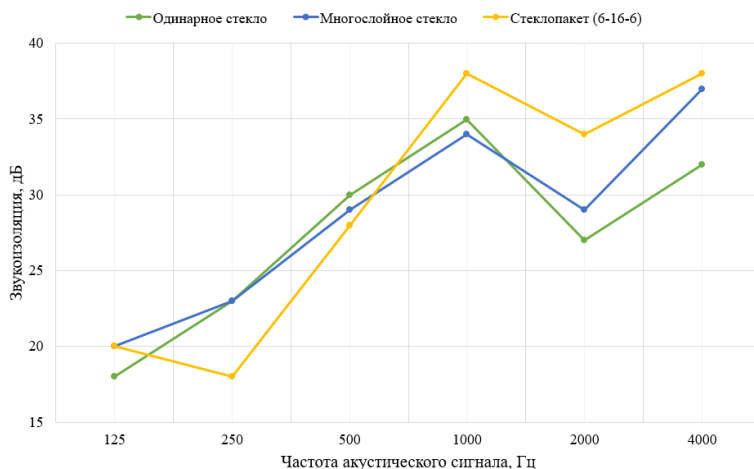


Рис. 3. Звукоизоляция изделий с толщиной стекла 6 мм

Звукоизоляция в октавных полосах частот отличается при использовании разного строения светопрозрачной поверхности в оконной конструкции. Так, при значении 1000 Гц стеклопакет с двумя светопрозрачными поверхностями толщиной по 6 мм, расположенными на расстоянии 16 мм, обеспечивает лучшую звукоизоляцию, чем многослойное и одинарное стекло в 6 мм на 4 дБ. На примере со

стандартными показателями можно увидеть нелинейность параметра звукоизоляции при разных значениях частоты и строениях светопрозрачных поверхностей. Исследование влияния каждого способа на акустический сигнал позволит не только создавать эффективную защиту, но и моделировать процесс съема, снижая затраты на экспериментальное оборудование.

Заключение

Одним из технических каналов утечки речевой информации является акустооптический канал утечки информации, в котором в качестве средства разведки используется лазерная система. В качестве одного из пассивного метода защит возможно использование светопрозрачной поверхности оконной конструкции, поскольку физические явления, происходящее в процессе воздействия звуковой волны на нее, позволяют рассматривать конструкции как набор полосовых фильтров.

Наполнение пространства между светопрозрачными поверхностями, количество стекол в оконной конструкции, их толщина и неравномерное расположение – это те характеристики оконной конструкции, которые влияют на получаемый злоумышленником сигнал. Поскольку лазерное излучение отражается от внешней части светопрозрачной поверхности, то изменение вышеперечисленных параметров может привести к скрытию содержания проводимых конфиденциальных переговоров.

Список литературы

1. Катаев, В. С. Метод активной защиты информации от снятия лазерными системами акустической разведки / В. С. Катаев, Ю. Е. Яремчук // Ukrainian Information Security Research Journal. – 2019. – Т. 21. – № 1. – С. 34-39.
2. Системы виброакустической маскировки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=595&lvl=04.03.01.01>.
3. Чекан, Р. С. Исследование оптико-электронного технического канала утечки информации и способы его устранения / Р. С. Чекан, Р. Н. Козлов, А. А. Пакин // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 27. – С. 884-896.
4. Звуковые волны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://light-fizika.ru/index.php/11-klass?layout=edit&id=139>
5. Насыров, А. М. Волновые процессы. Часть 8. Акустические колебания и волны : учебное пособие / А. М. Насыров, М. Н.

Овчинников. – Казань : Казанский государственный университет, 2003. – 32 с.

6. Лекция 4 – Акустические свойства среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/5_53330_lektsiya--akusticheskie-svoystva-sredi.html

7. Звуковая волна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vrayaem.ru/inf_wave2.html

8. Основы звукоизоляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://acousticspb.ru/help/articles/171>

9. ГОСТ EN 12758-2015. Стекло и изделия из него. Показатели звукоизоляции [Текст]. – Введ. 2017-04-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 23 с.

Экстраполяция изображения с объектами на переднем плане

А. С. Цыбульская, email: tutivanna2@gmail.com

В. С. Тарасов

Воронежский государственный университет

Аннотация. В данной работе рассматривается сравнительный анализ существующих решений для экстраполяции изображения с явно выделяющимися объектами на переднем плане, а также ставится предположение о их возможном улучшении.

Ключевые слова: экстраполяция изображения, компьютерное зрение, машинное обучение, генеративно-сопоставительные нейронные сети, генерация изображений, outpainting.

Введение

В настоящее время использование нейронных сетей для генерации изображений или их фрагментов становится все более распространенным явлением. Эта технология находит применение не только в области искусства и дизайна, но также в медицине и науке. Генерация новых визуальных моделей на основе вводных параметров, устранение шумов и повышение четкости играют важную роль в сфере использования и создания визуального контента. Задачи интерполяции и экстраполяции визуального контекста представляют собой частные случаи этой широкой области генерации изображений.

Интерполяция изображения представляет собой восстановление утраченного фрагмента внутри изображения с использованием нейронных сетей – это более изученная область в сфере генерации изображений. Однако, за последние годы появилось много научных работ и программных решений, изучающих экстраполяцию. Существующие решения приводят к хорошим результатам при экстраполяции пейзажей, текстур, фоновых изображений, однако их слабым местом является наличие выделяющегося объекта на переднем плане.

В данной работе будут рассмотрены причины и различные подходы к решению проблемы экстраполяции изображения с объектом на переднем плане с использованием нейросетей.

1. Проблематика объекта на переднем плане

Самые первые реализации задачи экстраполяции изображения (самым удачным и используемым из которых считается Boundless-GAN)

применяли к задаче экстраполяции те идеи и решения, которые были разработаны для интерполяции.

Такой подход хорошо справлялся с генерацией внешнего контекста текстур, фонов, пейзажей. Для Boundless-GAN существует предобученные модели на tensorflow_hub, с помощью которых можно легко протестировать качество и скорость работы этого подхода.

На рис. 1 показан пример экстраполяции пейзажа, экстраполируемая часть которого представляет собой однородную текстуру растений. Этот результат можно отнести к удачным.



Рис. 1. Экстраполяция с Boundless-GAN, область справа сгенерирована

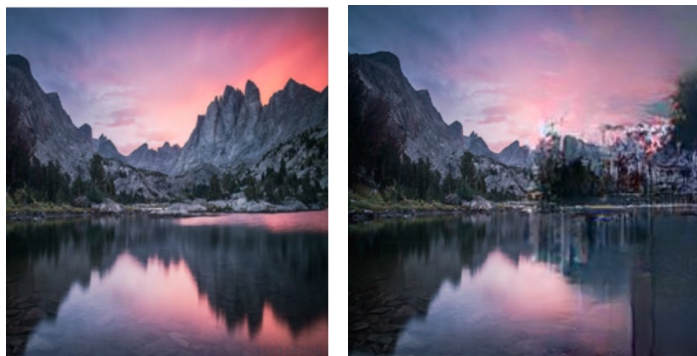
Однако, при использовании этой модели для генерации продолжения изображения здания (рис. 2) видно большое количество шумов.

Такой эффект появляется из-за неприспособленности данной модели к генерации отдельных выделяющихся объектов. Также следует отметить вторую проблему подхода – при односторонней «обрезке» исходного изображения сгенерированная область у границы имеет больше достоверной информации об изображении, а при удалении от границы у генератора увеличивается степень свободы. Генерация начинает «ломаться», появляются шумы, особенно заметные при генерации объектов переднего плана.



Рис. 2. Экстраполяция с Boundless-GAN, область справа сгенерирована с шумами

Подход с использованием GAN и циклической генерацией изображения был описан мной в [1]. В процессе исследований этого подхода был сделан вывод, что циклическая генерация без уравнивания степени свободы генератора при отхождении от границы экстраполяции не приносит качественного результата.



а

б

а – исходное изображение, б – циклически экстраполированное

Рис. 3. Неудовлетворительный результат циклической экстраполяции

2. Ширококонтекстная семантическая экстраполяция

Ширококонтекстная семантическая экстраполяция – подход к решению задачи экстраполяции с помощью двойной структуры автоэнкодера. Этот подход был описан в [2].

С помощью такого подхода можно генерировать изображения по очень маленьким кускам, составляющим менее половины полученного изображения.

Сеть семантической регенерации (SRN) состоит из двух частей – сети расширения характеристик (FEN) и сети прогнозирования контекста (CPN). FEN принимает изображения небольшого размера в качестве входных данных и извлекает характеристики различных элементов изображения. Расширенные матрицы характеристик таких элементов и индикатор экстраполяции передаются в CPN для восстановления окончательных результатов расширения. Так реализуется структурное разделение извлечения признаков и самой генерации.

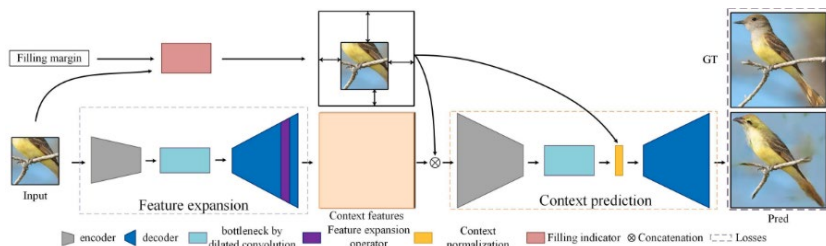


Рис. 4. Схема SRN

Изначальное изображение размером $m \times n$ поступает на вход энкодера FEN, обрабатывается процессом свертки, затем и расширяется до матриц характеристик размером $r1 * m \times r2 * m$. Особенность FEN – повышение частоты дискретизации ближайшего соседа и последующая свертка. Только последний слой использует попиксельную свертку. Это дает сети возможность обрабатывать изображения, где $r1$ не равен $r2$. К примеру, благодаря такой особенности можно генерировать не только квадратные изображения с лицами, но и прямоугольны с телами.

Полученный набор характеристик вместе с предобработанным изображением, содержащим белые отступы на представленных к генерации местах, поступает на вход CPN (также представляет собой структуру кодер-декодер). Там из описательных характеристик генерируется само расширенное изображение размером $r1 * m \times r2 * m$.

Следует отметить особенность – в слое CPN пред декодером находится нормализатор, он необходим для установления визуальной согласованности между известной частью изображения и неизвестной (к примеру, чтобы различие в цветах на границах не было очевидно человеческому глазу). Нормировочное значение рассчитывается с помощью переноса дисперсии и среднего с известной части на соседние.

3. SRN и экстраполяция комбинированного изображения

Благодаря использованию семантического контекста, SRN хорошо справляется с экстраполяцией конкретных объектов, к примеру, лиц людей, фигур людей, животных. Мною была выдвинута гипотеза, что и с экстраполяцией комбинированного изображения, в котором важную часть играет и фон, и несколько объектов на переднем плане, SRN справится лучше, чем Boundless-GAN.

Была выбрана область применения, в которой часто фигурируют такие комбинированные изображения – фотографии интерьера.

С использованием [3] была обучена модель SRN на предобработанных фотографиях 255×255 интерьера в разных комнатах из набора данных [4]. Разделение тестовой и обучающей выборки – 20% и 80%.

В качестве функции расчета потери было решено использовать сумму трех функций потери с уравновешивающими коэффициентами.

Сначала обучение модели происходит с использованием Relative Spatial Variant Loss (формула 1) путем установления ей коэффициента 5.

$$\lambda_s = \|(Y - G(X, m, \theta)) \otimes M_\omega\|_1 \quad (1)$$

где Y – настоящее значение тестируемого изображения, G – выходные данные генерирующей модели, \otimes - произведение Адамара, M_ω - матрица весов.

Затем происходит точная настройка модели с учетом всех потерь – ID-MRF loss (формула 4) с коэффициентом 0.05, и adversarial loss (формула 6) с коэффициентом 0.001. Обучающий батч – 16.

$$RS(v, s) = \exp\left(\frac{\mu(v, s)}{\max_{r \in Y} \mu(v, r) + \epsilon}\right) / h \quad (2)$$

$$RS'(v, s) = RS(v, s) / \sum_{r \in Y} RS(v, r) \quad (3)$$

$$\lambda_{mrf} = -\log\left(\frac{1}{Z} \sum_{s \in Y} \max_{v \in G} RS'(v, s)\right) \quad (4)$$

где μ - косинусный коэффициент, ε и h - положительные константы, Y - настоящее значение тестируемого изображения, G - выходные данные генерирующей модели, Z - нормализующий параметр.

$$\lambda_{adv} = \frac{\lambda_{adv}^{context} + \lambda_{adv}^{global}}{2} \quad (5)$$

где λ_{adv}^{global} - глобальная adversarial loss, $\lambda_{adv}^{context}$ - локальная adversarial loss [5].

Визуальный результат тестирования обученной модели представлен на рис. 5.



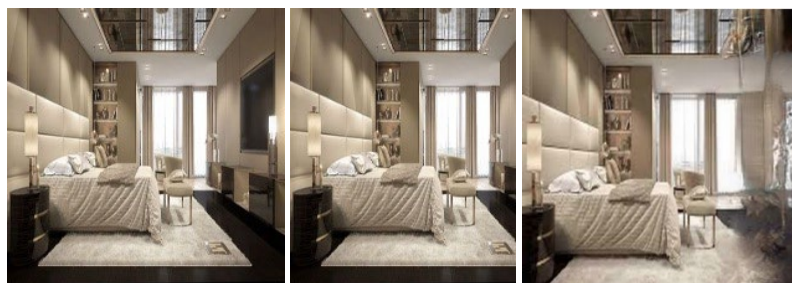
а – исходное изображение, б – обрезанное изображение, в – результат экстраполяции

Рис. 5. SRN экстраполяция комбинированного изображения

Для сравнения, ниже на рис. 6 представлен результат экстраполяции для того же изображения, полученный с использованием boundless-GAN. На нем четко видны помехи, а однозначно распознать сгенерированный предмет невозможно.

В таблице представлены численные результаты тестирования двух моделей. В качестве метрик выбрано время обработки одного изображения 255×255 , а также PSNR – пиковое отношение сигнала к шуму.

Модель boundless в среднем срабатывает быстрее, чем SRN, но визуальные результаты и количественные результаты для SRN лучше.



а

б

в

а – исходное изображение, б – обрезанное изображение, в – результат экстраполяции

Рис. 6. boundless-GAN экстраполяция комбинированного изображения

Таблица 1

Сравнение моделей

Метрика	SRN	boundless-GAN
Среднее время обработки изображения, мс	36.75	36,20
PSNR	14.73	11.10 [6]

4. Замеченные недостатки

1. Модель срабатывает только для изображений определенного размера – 255×255 .
2. Модель необходимо в дальнейшем обучить на наборе данных в > 5000 изображений, так как обученная на наборе из 2500 изображений она генерирует ограниченное количество повторяющихся предметов мебели и фона.

Заключение

В работе были рассмотрены особенности решения задачи экстраполяции изображения вообще и изображения с объектом на переднем плане. Обученная на наборе изображений интерьера комнат модель SRN показала хорошие результаты экстраполяции комбинированного изображения в сравнение с boundless-GAN.

После доработки описанных в пункте 4 недостатков, такая модель может быть использована для генерации идей дизайна для последующего использования дизайнерами интерьера.

Список литературы

1. Цыбульская, А. С. Прогнозирование визуального контекста изображения за его пределами / А.С. Цыбульская, В.С. Тарасов // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ. – 2023. – выпуск 3. – С.543-548.
2. Wang, Y. Wide-Context Semantic Image Extrapolation / Yi Wang, Xin Tao, Xiaoyong Shen, Jiaya Jia // CVPR. – 2019. – P.1400-1402. – DOI: 10.1109/CVPR.2019.00149.
3. Wide-Context Semantic Image Extrapolation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/dvlab-research/outpainting_srn (дата обращения 25.01.2024).
4. House Rooms Image Dataset [Электронный ресурс] : датасет. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/robinreni/house-rooms-image-dataset> (дата обращения 25.01.2024).
5. Iizuka, S. Globally and locally consistent image completion / Satoshi Iizuka, Edgar Simo-Serra, Hiroshi Ishikawa // ACM Trans. Graph., 36(4):107. – 2017. – P.6-7. – DOI: 10.48550/arXiv.1703.06868
6. Teterwak, P. Boundless: Generative Adversarial Networks for Image Extension / Piotr Teterwak, Aaron Sarna, Dilip Krishnan, Aaron Maschinot, David Belanger, Ce Liu, William T. Freeman // ICCV. – 2019. – P.5. – DOI: arXiv:1908.07007v1.

Секция 4
Информационные
системы и базы данных

Ролевой доступ в реляционных СУБД

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

Воронежский государственный университет

Аннотация. В данной работе рассматриваются особенности использования аппарата ролей для управления доступом в стандарте языка SQL и в известных реляционных СУБД.

Ключевые слова: реляционные СУБД, язык SQL, дискреционный доступ, ролевой доступ, пользователи, роли, привилегии, назначения.

Введение

Основным способом разграничения доступа в реляционных СУБД традиционно является дискреционный (избирательный) способ, обладающий многими преимуществами, главное из которых – гибкость. Дополняющий его мандатный (обязательный) способ разграничения доступа обычно используется только в случае повышенных требований к безопасности данных.

Однако дискреционный способ разграничения доступа имеет и недостатки, проявляющиеся по мере роста числа зарегистрированных в БД субъектов доступа (пользователей) и созданных объектов доступа, такие как большой размер матрицы доступа и неудобство управления (необходимость выполнения большого количества однотипных действий). Преодолеть эти недостатки помогает вспомогательный способ разграничения доступа – ролевой.

1. Дискреционный доступ

Дискреционный способ разграничения доступа традиционно хорошо описан в стандарте языка SQL, а его реализации в наиболее распространенных СУБД достаточно близки к описанию в стандарте и хорошо совместимы между собой.

Набор объектов БД, к которым применим дискреционный доступ, включает таблицы, представления и их столбцы, хранимые процедуры, домены и пользовательские типы данных, наборы символов, генераторы числовых последовательностей и т.д. Наиболее обширный набор привилегий относится к таблицам (SELECT, INSERT, DELETE, UPDATE, REFERENCES, TRIGGER), часть из них также к представлениям и столбцам, привилегия EXECUTE – к хранимым процедурам (для которых она может означать либо запуск с правами

подавшего запрос, либо запуск с правами создателя процедуры), для остальных типов объектов – привилегия USAGE.

Привилегии дискреционного доступа на выполнение определенных операций над конкретными объектами могут быть назначены субъектам авторизации, к которым по стандарту SQL относятся не только пользователи, но и роли.

Назначать привилегию дискреционного доступа на объект БД может его владелец (он же создатель объекта) либо любой пользователь, имеющий эту привилегию с правом её дальнейшей передачи (WITH GRANT OPTION).

2. Ролевой доступ

Роль рассматривается в контексте СУБД как именованный набор привилегий, который может быть унаследован от роли пользователями или другими ролями, которым она назначена.

Хотя ролевой способ управления доступом также достаточно подробно описан в стандарте SQL, его реализации в наиболее распространенных СУБД содержат существенные отличия от стандарта и несовместимости между собой.

Вопрос о том, кто имеет право создания полей, стандарт SQL отдает на откуп реализациям. Права назначать роли пользователям и ролям, отменять эти назначения и удалять роли имеют пользователи и роли, которым эти роли назначены с правом администрирования (WITH ADMIN OPTION).

3. Вопросы организации ролевого доступа

Описание организации ролевого доступа должно отвечать на следующие вопросы:

- Чем отличаются роли от пользователей?
- Могут ли быть ещё какие-то субъекты доступа, кроме пользователей и ролей, и если да, то какие?
- Какие из субъектов доступа могут быть связаны с внешними по отношению к БД сущностями (относящимися к операционной системе, стандартным протоколам доступа к сетевым и файловым ресурсам и т. п.)?
- Могут ли роли владеть объектами БД?
- Может ли текущая сессия работы с БД вестись не от имени пользователя, а от имени роли?
- Может ли пользователь одновременно использовать привилегии нескольких ролей, в том числе не связанных иерархически друг с другом?

- Какие стандартные роли создаются в БД при ее инициализации? Каковы особенности работы с этими стандартными ролями?
- Каковы особенности назначения и отмены привилегий всем пользователям (PUBLIC)?
- Какие привилегии нужны для выполнения операций над ролями?

4. Стандарт SQL о ролях и пользователях

Согласно стандарту SQL, все идентификаторы авторизации делятся на имена пользователей и имена ролей. Соответствие пользователей БД пользователям операционной системы зависит от реализации.

Синтаксис и семантика запросов манипулирования ролями (CREATE ROLE, DROP ROLE, GRANT ROLE, REVOKE ROLE, SET ROLE) подробно описаны в стандарте SQL. В то же время запросы манипулирования пользователями (CREATE USER, DROP USER, ALTER USER) в стандарте SQL не упоминаются, а их синтаксис и семантика являются внутренним делом каждой конкретной СУБД.

5. Совокупность всех пользователей – PUBLIC

Ключевое слово PUBLIC по стандарту означает совокупность всех пользователей БД – как существующих в момент подачи запроса, так и тех, которые будут созданы впоследствии. PUBLIC в чем-то подобен роли, назначенной всем пользователям, однако не является ролью в полном смысле этого слова. Если где-то по синтаксису может встретиться PUBLIC, стандарт всегда указывает этот момент явно. Привилегии, назначенные PUBLIC, всегда действуют для всех пользователей автоматически без каких-либо дополнительных установок, в отличие от привилегий обычных ролей. Нельзя исключить какого-либо пользователя из PUBLIC.

6. Стандарт SQL о ролевом доступе

Представление INFORMATION_SCHEMA.APPLICABLE_ROLES возвращает список всех ролей, которые непосредственно или транзитивно назначены пользователю, от имени которого подан запрос. Представление AUTHORIZABLE_ROLE_AUTHORIZATIONS той же схемы – список тех из этих ролей, которые подавший запрос пользователь может назначать другим пользователям или ролям. Оба этих представления содержат статическую информацию БД, не зависящую от сеанса работы, из которого был подан запрос.

Представление INFORMATION_SCHEMA.ENABLED_ROLES возвращает список всех активных ролей, т.е. тех, привилегии которых действуют для текущего сеанса работы, подавшего запрос. Это

динамическая информация. В этот список входят роль, установленная для сеанса работы как текущая (CURRENT_ROLE) с помощью запроса SET ROLE или еще каким-то образом, и все роли, назначенные ей непосредственно или транзитивно. Если текущая роль не установлена, то никакие привилегии ролей для текущего сеанса работы не действуют.

7. Особенности дискреционного и ролевого доступа в СУБД Oracle

В СУБД Oracle назначить привилегию на какой-либо объект имеет не только владелец объекта или имеющий эту привилегию с правом передачи, но и владелец системной привилегии GRANT ANY PRIVILEGE. Аналогично, назначать роль может не только имеющий эту роль с правом администрирования, но и владелец привилегии GRANT ANY ROLE.

В СУБД Oracle нельзя отнять право передачи роли (или административной привилегии) – REVOKE ADMIN OPTION FOR. Для выполнения этого действия необходимо отнять указанную привилегию и назначить ее снова без указания WITH ADMIN OPTION.

Для роли может быть задан пароль (с помощью конструкции IDENTIFIED BY), который в таком случае необходимо ввести при переключении на эту роль.

Как и в стандарте SQL, в Oracle для пользователя также не действуют одновременно все назначенные ему роли, но здесь несколько другой подход – запросом SET ROLE можно назначить активными для сеанса работы сразу несколько не связанных между собой ролей, или все доступные пользователю роли, или все, кроме указанных и т.д. Кроме того, какие-то роли могут быть назначены пользователю по умолчанию (SET DEFAULT ROLE) и действовать для него автоматически после присоединения к базе (если их действие не отменить).

8. Особенности дискреционного и ролевого доступа в СУБД PostgreSQL

В PostgreSQL запрос SET ROLE может установить только одну активную роль, как и в стандарте SQL, но здесь есть свои элементы отличного от стандарта поведения. Так, роль может быть назначена другой роли с атрибутом INHERIT и без него – в зависимости от этого либо автоматически наследуются все роли и привилегии ролей, назначенных назначаемой роли, либо этого не происходит.

9. Особенности дискреционного и ролевого доступа в СУБД ЛИНТЕР

В СУБД ЛИНТЕР отсутствует назначение привилегий WITH GRANT OPTION (привилегии дискреционного доступа всегда назначает только владелец сущности) и назначение ролей WITH ADMIN OPTION (роль может назначить либо ее создатель, либо обладатель уровня прав администратора БД). Нет привилегий доступа к отдельным столбцам таблиц.

В СУБД ЛИНТЕР все назначенные пользователю роли являются одновременно активными для него. Ролям могут быть назначены только привилегии дискреционного доступа, с мандатным доступом аппарат ролей (в отличие от некоторых других СУБД) никак не связан.

Заключение

Данная статья не приводит исчерпывающих ответов на поставленные вопросы, а скорее перечисляет направления, по которым анализ должен быть продолжен при решении конкретных задач организации доступа к БД.

Результаты проведенного анализа могут быть использованы как при миграции БД из одной СУБД в другую (например, из Oracle в PostgreSQL или в ЛИНТЕР), так и при разработке новых СУБД (например, в АО НПП РЕЛЭКС ведется разработка СУБД SOQOL).

Список литературы

1. Information technology – Database languages – SQL – Part 2: Foundation (SQL/Foundation). ISO/IEC 9075-2:2023, 2023.
2. Information technology – Database languages – SQL – Part 11: Information and definition schemas (SQL/Schemata). ISO/IEC 9075-11:2023, 2023.
3. Роли базы данных [Электронный ресурс] : электронная документация по СУБД PostgreSQL. – Режим доступа: <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/database-roles>
4. Настройка доступа к привилегиям и ролям [Электронный ресурс] : электронная документация по СУБД Oracle. – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/23/dbseg/configuring-privilege-and-role-authorization.html>
5. Модель защиты данных [Электронный ресурс] : электронная документация по СУБД ЛИНТЕР. – Режим доступа: http://linter.ru/ru/documentation/information/pdf/mod_szi.pdf

Использование онтологии и баз данных в сфере трудового права

А. А. Борисова, e-mail: borisova_a_a@sc.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

***Аннотация.** В статье рассматриваются инструменты для профессиональной деятельности юриста: правовые онтологии и базы данных. Проводится сравнительный анализ баз данных и онтологии, применяемые при разработке информационной системы в правовой сфере. Показано, что правовые онтологии помогают в структурировании и организации информации о трудовом праве, а также автоматизации процесса анализа и принятия решения в этой области.*

***Ключевые слова:** онтология, информационная система, база данных, онтологический граф, трудовое право.*

Введение

Цифровая эра привнесла революцию во многие отрасли человеческой деятельности, включая юриспруденцию. В связи с расширением использования цифровых технологий в правовой сфере появилась необходимость разработки эффективных инструментов для деятельности юристов. К таким инструментам можно отнести базу данных и онтологии. Это является основой для создания интеллектуальных систем, способных анализировать и принимать решения в правовых вопросах.

Юридические тексты в России представляют собой сложную систему правил и норм, которые регулируют общественные отношения. Их понимание и применение требует специальных знаний и профессиональных навыков в области права.

Разработка онтологии и баз данных в юридической деятельности имеет свои особенности, которые важно учитывать при выборе наиболее подходящего инструмента, обеспечивая структурирование и организацию данных для более эффективного управления информацией.

1. Онтология и база данных как инструменты юриста

Онтология представляет собой формализованную модель знаний, которая описывает понятия и связи между ними в определенной предметной области. Онтологии позволяют структурировать и

классифицировать правовую информацию, обеспечивая легкий доступ к необходимым данным и эффективный анализ. Для юриспруденции онтологии являются важным инструментом при описании правовой области. Онтологии имеют свои особенности. Во-первых, они описывают определенную предметную область и определяют ее основные концепты и отношения, используя единый и формальный язык для представления знаний. Во-вторых, онтологии стремятся к созданию семантической структуры данных, которая позволяет понимать значение и взаимосвязи между информацией. И, в-третьих, онтологии уделяют внимание классификации и иерархии концептов, что позволяет организовать знания в систематическую структуру [1].

База данных, с другой стороны, представляет собой структурированную коллекцию данных, которая обеспечивает хранение, организацию и доступ к информации. Базы данных широко используются в юридической деятельности для хранения и управления правовыми данными, такими как законы, нормативные акты, судебная практика и др. Базы данных также имеют свои особенности, которые нужно учитывать при определении задач. Во-первых, базы данных обеспечивают хранение и организацию больших объемов данных. Они предоставляют доступ к данным и управление ими, позволяя выполнять операции добавления, удаления, изменения и поиска информации. Во-вторых, базы данных используют модели данных, такие как реляционная модель, графовая модель, иерархическая модель и т. д., для структурирования и организации данных. В-третьих, в базах данных используются языки запросов, такие как SQL для извлечения и манипуляции данными.

Выбор между онтологией и базой данных зависит от конкретных потребностей и целей в юридической деятельности.

Если требуется более гибкая и глубокая модель знаний, которая позволяет описывать сложные взаимосвязи и отношения между понятиями, то онтология может быть более предпочтительным инструментом. Однако разработка и поддержка онтологий требует высокой квалификации и глубоких знаний в области права и информационных технологий [2].

Если же требуется простая и эффективная структура для хранения и управления правовыми данными, база данных может быть более подходящим решением. Базы данных обладают большей скоростью доступа к данным и могут быть легче в обслуживании, но имеют ограниченные возможности для описания сложных взаимосвязей и отношений. Разработка баз данных также требует специальных навыков и знаний в области баз данных и систем управления базами данных.

В некоторых случаях может быть полезным комбинированное использование онтологии и базы данных, где онтология используется для описания сложных взаимосвязей и классификации данных, а база данных обеспечивает хранение и управление этими данными. Окончательный выбор инструмента зависит от конкретных требований и возможностей организации, а также от доступных ресурсов и экспертизы в области разработки и поддержки онтологий и баз данных.

2. Практическое применение баз данных и онтологии в предметной области «Трудовое право»

Для описания юридических правил и норм в сфере трудового права, где прописываются субъекты, экземпляры, классы подходит онтологическая модель, построенная в редакторе Protégé, которая экспортируется во множество форматов: RDF (RDF Schema), OWL и XML Schema, что расширяет возможности ее применения [3]. Было определено три класса (концепта): Работник, Работодатель, Трудовой договор, которые связаны между собой иерархическими отношениями (рис.1). Онтология включает описание различных понятий и отношений, связанных с трудовыми отношениями и правами и обязанностями работников и работодателей.



Рис. 1. Фрагмент иерархической структуры предметной области «Трудовое право» в ИС

Для получения информации предметной онтологии в Protégé предусмотрена информационная модель – онтологический граф, который иллюстрирует связи и сущности между классами. На рис. 2

*Создание экземпляров для онтологии предметной области
«Трудовое право» в Python*

```
class Employee:
    def __init__(self, name, age, position):
        self.name = name
        self.age = age
        self.position = position
    def get_salary(self, hours_worked):
        pass
class Employer:
    def __init__(self, company_name):
        self.company_name = company_name
        self.employees = []
    def hire_employee(self, employee):
        self.employees.append(employee)
    def fire_employee(self, employee):
        self.employees.remove(employee)
employer = Employer("ООО Пример")
employee1 = Employee("Иван", 25, "Программист")
employee2 = Employee("Мария", 30, "Дизайнер")
employer.hire_employee(employee1)
employer.hire_employee(employee2)
employer.fire_employee(employee1)
for employee in employer.employees:
    print(employee.name, employee.age, employee.position)
```

Исследование и сравнительный анализ их применения могут способствовать развитию более эффективных методов работы с данными в данной области [5].

Онтологии и базы данных помогают организовывать и структурировать большие объемы информации, делая ее более доступной и удобной для анализа.

Заключение

Современные подходы к организации юридической информации включают использование семантических технологий, которые позволяют структурировать и связывать данные на основе их смыслового содержания. Это обеспечивает более точный поиск и анализ информации, а также позволяет автоматизировать определенные процессы, такие как поиск правовой информации, анализ документов и выявление связей между ними. Важно понимать, что хотя онтологии и базы данных могут использоваться вместе, они относятся к разным концепциям в организации и представлении информации. Онтологии обычно стремятся к пониманию семантики данных и созданию

формальных описаний знаний, тогда как базы данных сосредоточены на хранении, доступе и управлении большими объемами данных.

Сравнивая онтологии и базы данных в юриспруденции, можно отметить, что они дополняют друг друга. Онтологии предлагают формальные модели для представления знаний, в то время как базы данных предоставляют инструменты для хранения и управления данными. Онтологии помогают структурировать информацию, в то время как базы данных обеспечивают ее хранение и доступность.

Сравнительный анализ онтологий и баз данных в юриспруденции может включать оценку их способности описывать и организовывать правовые концепции, эффективность в поиске информации, возможности адаптации к изменениям в правовой системе.

Важно отметить, что использование онтологий и баз данных в юридической сфере также способствует повышению эффективности работы юристов и исследователей, поскольку облегчает доступ к необходимой информации и помогает проводить качественный анализ больших объемов данных.

Список литературы

1. Митрофанова, О. А. Онтологии как системы хранения знаний / О. А. Митрофанова, Н. С. Константинова // Электронный архив НГУ. – URL: <https://lib.nsu.ru/xmlui/handle/nsu/8979> – Текст: электронный.

2. Попова А. В. Правовые аспекты онтологии искусственного интеллекта / А. В. Попова // Государство и право. – 2020. – № 11. – С. 115-127.

3. Понкин И. В. Онтологии как инструментарий прикладной аналитики / И. В. Понкин // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – № 2. – С. 77-84.

4. Миролубова С. Ю. Правовые онтологии в машиночитаемом формате – инструмент продвижения юридических знаний в семантической сети / С. Ю. Миролубова // Мониторинг правоприменения. – 2022. – № 1 (42). – С. 39-44.

5. Ломов П. А., Олейник А. Г. Разработка технологии проверки и согласования нормативно-правовой базы на основе онтологий / П. А. Ломов, А. Г. Олейник // Труды ИСА РАН. – 2013. – Т. 63. – С. 62-69.

Онкологическая информационная платформа: сбор, анализ и прогнозирование стадии рака

К. А. Зверев, e-mail: zv3rev624@gmail.com¹

И. Е. Воронина, e-mail: irina.voronina@gmail.com¹

Е. Е. Чупандина, e-mail: eugenia.kojevnickova@yandex.ru²

¹ Воронежский государственный университет

² Воронежская Государственная Медицинская Академия

***Аннотация.** Разработана модель информационной системы по сбору и анализу данных в области онкологии, объединяющей базу данных пациентов с алгоритмами по прогнозированию рака. ИС позволит проверить и уточнить прогностическую модель, определяющую вероятность каждой из стадий заболевания путем увеличения статистической выборки.*

***Ключевые слова:** система сбора данных, онкология, анализ медицинских показателей.*

Введение

До сих пор раковые заболевания остаются одними из самых сложно диагностируемых. С каждым годом сфера онкологии становится все более зависимой от колоссального объема данных: результаты лабораторных анализов, истории лечения пациентов и прочее. Это формирует огромный информационный массив, из-за чего возникает необходимость в эффективных методах сбора, хранения и анализа.

Данную проблему невозможно решить без интеграции современной информационной системы, которая предоставит удобный интерфейс для работников здравоохранения и точные инструменты для аналитиков по сбору статистики и прогнозированию.

Разработка информационной системы, которая обеспечит хранение получаемых от специалистов в области онкологии данных о результатах лабораторных анализов и их агрегирование, позволит проверять и уточнять существующие прогностические модели в этой области здравоохранения.

В разрабатываемой ИС используется прогностическая модель, предложенная ассистентом кафедры патологической анатомии Чупандиной Е. Е. Модель позволяет оценить вероятность каждой из стадий заболевания на основе ряда лабораторных анализов [1, 2]. Предполагается наличие двух подсистем: для практического

применения и проведения соответствующих научных исследований. В настоящее время речь идет о практической части.

1. Хранение информации

Эффективное функционирование разрабатываемой системы требует создания базы данных, ответственной за хранение важной информации о пациентах, врачах и медицинских учреждениях. Эта база данных будет служить основой для сбора и анализа истории болезни пациентов.

Спроектированная база данных (рис. 1) отвечает за хранение данных о медицинских специалистах, пациентах и результатах лабораторных анализов для эффективного управления медицинской информацией.

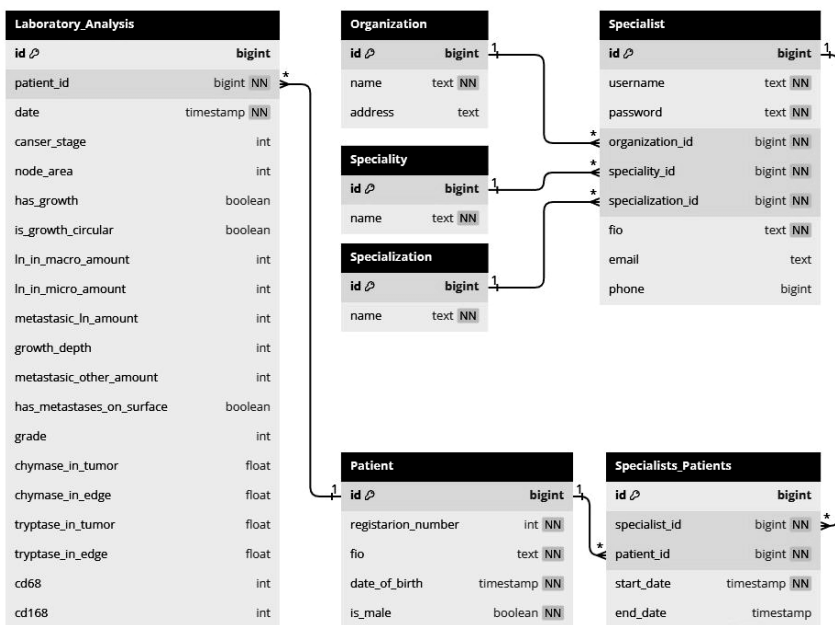


Рис. 1. Логическая модель базы данных ИС

Таблица «Специалист» предназначена для хранения данных о медицинских специалистах, включая их уникальный идентификатор, учетные данные для входа, привязку к медицинской организации, специальность и специализацию, полное имя и контактные данные.

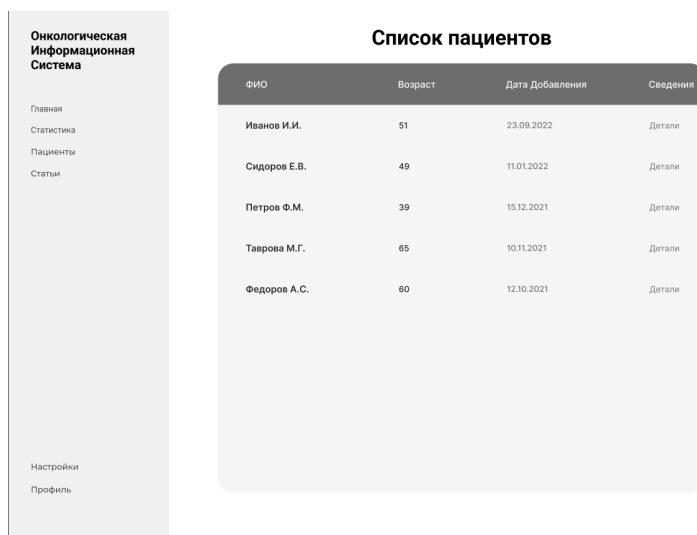
Таблица «Пациент» хранит данные о пациентах, включая уникальный идентификатор, регистрационный номер, полное имя, дату рождения и пол.

Таблица «Лабораторный анализ» отвечает за хранение даты проведения лабораторных анализов и их результатов, необходимых для диагностирования (стадия рака, наличие опухоли, глубина роста и другие характеристики).

2. Функциональность

Так как ключевыми пользователями системы являются медицинские специалисты, интерфейс информационной системы должен отвечать критериям удобства и простоты. Вход в систему осуществляется посредством персональных учетных данных, обеспечивая просмотр только доступных данных.

Также пользователи могут просматривать список своих лечащихся пациентов (рис. 1), вносить информацию о новых и получать сведения о результатах лабораторных анализов (рис. 2).



The screenshot displays the 'Oncology Information System' interface. On the left is a vertical navigation menu with the following items: Главная, Статистика, Пациенты, Статьи, Настройки, and Профиль. The main content area is titled 'Список пациентов' and contains a table with the following data:

ФИО	Возраст	Дата Добавления	Сведения
Иванов И.И.	51	23.09.2022	Детали
Сидоров Е.В.	49	11.01.2022	Детали
Петров Ф.М.	39	15.12.2021	Детали
Таврова М.Г.	65	10.11.2021	Детали
Федоров А.С.	60	12.10.2021	Детали

Рис. 2. Просмотр списка пациентов

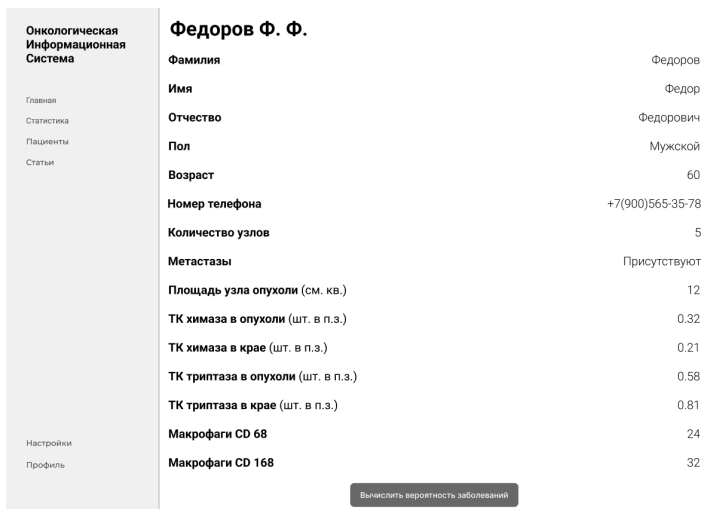


Рис. 3. Просмотр результатов анализов

Кроме того, предоставляется возможность вычисления вероятностей стадий рака (рис. 3) на основе прогностической модели, предложенной Чупандиной Е. Е., что позволяет принимать своевременные и обоснованные решения по лечению заболевания.

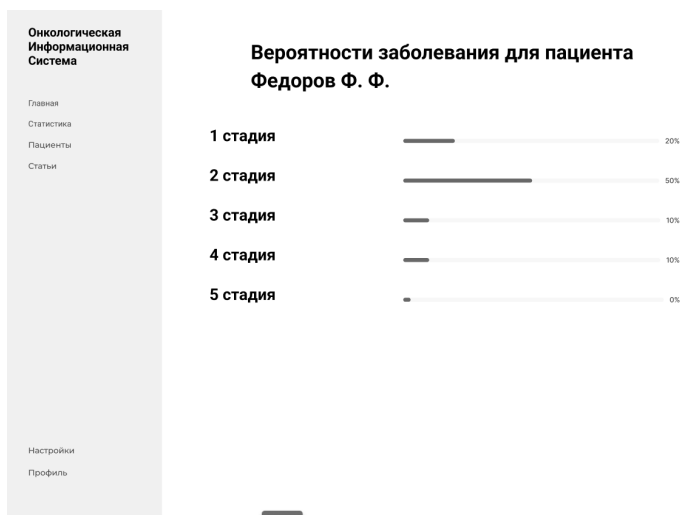


Рис. 4. Просмотр вероятностей стадий заболевания

Программные средства обеспечивают автоматизированную обработку данных для медицинских специалистов в процессе внесения и анализа медицинских данных, что позволяет работать более эффективно

Заключение

Разработка информационной системы в области онкологии является важным шагом в развитии диагностики и прогнозирования раковых заболеваний. Создание такой системы предоставляет возможность многократного расширения выборки и получения данных в стандартизированном формате. Ее интеграция в различные учреждения здравоохранения обеспечит обширный и разнообразный объем данных, что позволит производить детальный анализ работоспособности и точности прогностических моделей.

Важная роль будет отведена исследовательской подсистеме, создание которой – следующий этап разработки.

Список литературы

1. Анализ динамики объема опухоли при колоректальном раке / А. А. Филин, Чупандина Е. Е. [и др.] // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2022. – №7. – С. 81-87.
2. Morphogenetic role of mast cells in colorectal cancer. / А. А. Филин, Чупандина Е. Е. [и др.] // Virchows Archiv. – 2022. – №481. – С. 227
3. Морфологические особенности раннего колоректального рака / А. А. Филин, Е. Е. Чупандина [и др.] // Морфология. – 2019. – №2. – С. 293-294.
4. Колоректальный рак: объем резецированной опухоли как показатель динамики заболевания / А. А. Филин, Е. Е. Чупандина [и др.] // Сборник трудов V Международной научной конф. "Постгеномные технологии: от теории к практике" (Воронеж, 9 октября 2019 года). – Воронеж, 2019. – С. 111-112.
5. Оценка некоторых показателей динамики заболеваемости раком эндометрия в воронежской области / А. А. Филин [и др.] // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием: "Однораловские морфологические чтения" (Воронеж, 8-9 декабря 2023 года). – Воронеж, 2023. – С. 52-54.

Формализация дополнительных признаков в рамках применения метода прецедентов при разработке СППР для реагирования на дорожно-транспортные происшествия

Ш. К. Кадиев, email: kadiev_s@inbox.ru

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

***Аннотация.** В работе показана актуальность совершенствования области реагирования на дорожно-транспортные происшествия, отнесенные к чрезвычайным ситуациям с использованием систем поддержки принятия решений на основе метода прецедентов. Представлена информационная модель прецедента реагирования с учетом предложенных параметров.*

***Ключевые слова:** управление, чрезвычайная ситуация, метод прецедентов, дорожно-транспортное происшествие, система поддержки принятия решений.*

Введение

Безопасность на дороге является одной из наиболее актуальных проблем современного общества. С каждым годом количество автомобилей на дорогах растет, что приводит к увеличению числа аварий и несчастных случаев. Актуальность проблемы обеспечения безопасности на дорогах по всему миру заключается в необходимости быстрого и эффективного оказания помощи участникам аварии, сбора доказательств и проведения расследований для выявления причин происшествия и привлечения виновных к ответственности. В Российской Федерации дорожно-транспортные происшествия относятся к числу чрезвычайных ситуаций (далее – ДТП ЧС) в случае, если погибло более 5 человек или пострадало более 10. В таблице представлены данные по количеству аварий на автомобильном транспорте.

Таблица

Количество аварий на автомобильном транспорте

Вид ЧС	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Итого
Аварии на автомобильном транспорте	108	95	119	82	99	503
Техногенные ЧС	176	190	202	167	190	925

Исходя из данных таблицы можно сделать вывод об отсутствии тенденции к снижению количества чрезвычайных ситуаций как на

автомобильном транспорте, так и общего количества техногенных ЧС. Кроме того, аварии на автомобильном транспорте составляют 54,4% от общего количества техногенных ЧС, что свидетельствует о необходимости совершенствования моделей и алгоритмов реагирования на такие ЧС.

За исследуемый период на автомобильных авариях погибло 1707 человек, что составляет 67% от общего количества погибших на техногенных ЧС (2542 человека), пострадало 6365 человек или 55% от общего количества пострадавших на техногенных ЧС (11529 человек).

Представленные данные свидетельствуют об актуальности совершенствования работы в этой области, в том числе с применением современных информационных технологий и компьютерных моделей. Повысить эффективность реагирования на ДТП ЧС можно за счет прогноза необходимого количества сил и средств необходимых для реагирования.

Алгоритм поиска прецедента реагирования на ДТП ЧС

В настоящее время количество людей и техники для реагирования на ДТП ЧС определяет старший оперативный дежурный центра управления в кризисных ситуациях (далее – СОД ЦУКС) полагаясь на свой опыт и первичную информацию поступившую с места ЧС. В этой связи разрабатываются модели поддержки принятия решений для СОД ЦУКС [2]. Одним из способов определения необходимого количества сил и средств для ликвидации является применение метода прецедентов.

Метод принятия решений на основе прецедентов широко известен и наглядно его можно визуализировать с помощью CBR цикла (Case Base Reasoning), который представлен на рис. 1.

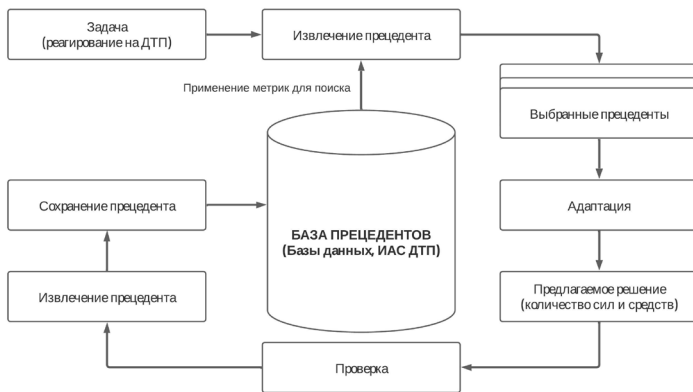


Рис. 1. CBR цикл

В работе [3] представлен алгоритм поиска прецедентов реагирования на техногенные чрезвычайные ситуации в онтологической базе. Особенностью алгоритма является то, что учитываются весовые коэффициенты критериев ЧС на основе экспертных оценок. В данном случае прецедент визуализирован в виде параметрического представления, которое декомпозирует прецедент в набор параметров с конкретными значениями и решениями. Прецедент представлен в виде кортежа:

$$Case = (x_1, x_2, x_3, x_4, R)$$

где x_1 – количество погибших; x_2 – количество пострадавших; x_3 – количество спасенных; x_4 – материальный ущерб; R – рекомендации лицу, принимающему решения.

Для реализации алгоритма в системе поддержки принятия решений (СППР) при реагировании на ДТП ЧС с определением количества сил и средств, а также для более глубокого анализа базы данных с применением методов машинного обучения, необходимо увеличить количество параметров прецедента в базе данных. В качестве параметров, описывающих прецедент, предлагается включить следующие данные:

- временные показатели этапов реагирования на ДТП ЧС (время поступления сообщения, время выезда первого и последующих подразделений к месту, время прибытия каждого подразделения);
- количество и вид транспортных средств, участвующих в ДТП;
- данные по виду привлекаемой техники (автоцистерна, аварийно-спасательный автомобиль и др.);
- ведомственная принадлежность привлекаемых сил и средств;
- данные по дополнительным силам и средствам, в случае их применения.

На основании вышеизложенного на рис. 2 представлена информационная модель прецедентного подхода для разработки алгоритма реагирования на ДТП ЧС.

Заключение

Согласно статистическим данным, приведенным в [4], по степени катастрофичности в Российской Федерации ДТП занимает первое место среди всех ЧС. В работе показана актуальность совершенствования реагирования на ДТП ЧС с помощью применения метода прецедента.

Для улучшения поиска прецедента необходимо добавить количество параметров для формализованного учета параметров ДТП ЧС в существующих базах данных. Представлена информационная модель прецедентного подхода с декомпозицией прецедентов с учетом предложенных параметров.



Рис. 2. Основные компоненты информационной модели прецедента

Список литературы

1. Шукуров, М.М. Актуальные проблемы в обеспечении безопасности дорожного движения // *Universonum: технические науки*. 2021. № 12–2 (93).
2. Кадиев, Ш. К. Модель и алгоритм проведения кластерного анализа чрезвычайных ситуаций техногенного характера / Ш. К. Кадиев, Р. Ш. Хабибулин // *Современные проблемы гражданской защиты*. – 2023. – № 1(46). – С. 20-28. – EDN TCTKWY.
3. Кадиев, Ш. К. Информационно-ресурсное обеспечение специалистов оперативно-дежурных смен антикризисного управления / Ш. К. Кадиев, А. С. Коровин, Р. Ш. Хабибулин // *Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов*. – 2023. – № 12. – С. 130–133. – EDN TFBVPD.
4. Государственные доклады о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2010–2021 годах. М.: МЧС России. 2011–2022.

Проектирование приложения по изучению китайского языка

А. В. Кирпичева, email: alinakir1802@gmail.com
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Аннотация. Работа посвящена проектированию веб-приложения для изучения китайского языка, которое предоставляет возможность получить базовые знания и подготовиться к международному экзамену по китайскому языку. В работе проведён анализ предметной области, рассмотрены существующие решения, разработаны основные требования к интерфейсу, спроектированы макеты страниц.*

***Ключевые слова:** китайский язык, веб-приложение, БД, Figma, PostgreSQL.*

Введение

Китай, являясь одной из крупнейших экономик мира, привлекает внимание людей, стремящихся освоить китайский язык для различных целей: будь то деловые перспективы, погружение в культуру или путешествия. Этот язык, среди всех, считается одним из самых сложных для изучения, он включает в себя такие уникальные особенности, как иероглифическая письменность и тоновая система.

Из-за своей сложности многие люди, поглощенные идеей освоения китайского, ищут удобные и эффективные методы обучения. В данном контексте веб-приложение становится неотъемлемым инструментом, предоставляющим удобные средства для получения новых знаний. Веб-приложение позволяет изучать грамматику, иероглифы, слова посредством выполнения разнообразных заданий, делая процесс обучения более интерактивным и доступным.

Цель работы – спроектировать с помощью программных средств веб-приложение, рассмотреть существующие решения, спроектировать модель данных, определить функциональность разрабатываемого приложения, спроектировать пользовательский интерфейс для изучения китайского языка.

1. Постановка задачи

Спроектировать веб-приложение, предоставляющее возможность изучения китайского языка. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ предметной области и аналогичных решений;
- разработать требования к приложению;
- спроектировать модель базы данных приложения;
- спроектировать клиентскую часть приложения.

2. Анализ существующих решений

В ходе анализа были рассмотрены такие приложения, как Drops Chinese, FluentU, ChineseSkill и HSK Online. Приложения оценивались по наличию разделов с изучением грамматики, иероглифики, фонетики, бесплатной версии и предоставлению возможности подготовиться к международному экзамену.

В зависимости от конкретных потребностей пользователя, выбор приложения для изучения китайского языка может быть различным. В каждом из рассматриваемых вариантов веб-приложений есть возможность изучения иероглифов, однако отсутствует функциональность, предназначенная для обучения фонетике китайского языка. В приложении HSK Online все функции и разделы бесплатны, нет каких-либо ограничений на использование, чего нельзя сказать, про остальные веб-приложения. Для подготовки к международному экзамену подойдет только один вариант из предложенных – HSK Online. Также стоит отметить, что в приложении ChineseSkill и FluentU есть такой важный раздел, как изучение грамматики.

В результате анализа существующих решений были выявлены как положительные, так и отрицательные аспекты (табл. 1). Рассмотрев достоинства и недостатки существующих решений и основываясь на результатах анализа было принято решение разработать приложение, которое предоставит пользователю возможность изучить язык, его грамматику, фонетику, подготовиться к международному экзамену, ознакомиться с новыми словами и иероглифами, а также отследить свой прогресс.

3. Функциональность приложения

В результате анализа были определены требования к функциональной части веб-приложения:

- регистрация и авторизация пользователя;
- предоставления доступа к разделам с интерактивными упражнениями;
- предоставление доступа к словарю и иероглифам;

- предоставление доступа к аудио и видео материалам;
- формирование персонализированной статистики, пройденного пользователем материала.

Таблица

Сравнительный анализ аналогичных решений

Критерии	Drops Chinese	FluentU	ChineseSkill	HSK Online
Изучение грамматики	–	+	+	–
Изучение иероглифов	+	+	+	+
Изучение фонетики	–	–	–	–
Подготовка к международному экзамену	–	–	–	+
Бесплатная версия	5 мин/день	Первые 2 недели	Функции ограничены	+

Интерфейс веб-приложения должен удовлетворять следующим условиям:

- интуитивная навигация;
- поддержка китайских символов;
- современный дизайн;
- минимизация лишних шагов для выполнения задач;
- возможность настройки параметров интерфейса.

4. Средства реализации

Для реализации проекта использовались следующие программные средства:

- графический дизайнер Figma;
- стандартизированный язык разметки HTML [1];
- формальный язык CSS;
- СУБД PostgreSQL;
- фреймворк Django [2, 4].

5. Модель данных

Для создания базы данных веб-приложения была спроектирована логическая модель данных (рис. 1).

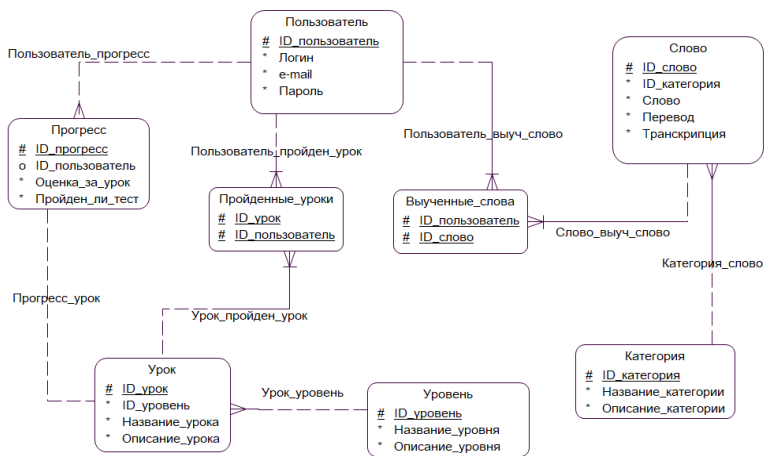


Рис. 1. Логическая модель данных

В БД должны фиксироваться данные пользователя, зарегистрировавшегося в приложении, они включают в себя логин пароль и e-mail [3]. Также разделы, в которых содержатся задания, по уровню знаний пользователя, словарь с иероглифами, которые подразделяются на категории. Фиксируется персонализируемый прогресс в прохождении уроков, выученные слова и пройденные уроки.

6. Проектирование пользовательского интерфейса

Для проектирования пользовательского интерфейса приложения выбран онлайн редактор Figma [2]. Веб-приложение обладает интуитивным и привлекательным интерфейсом.

Главная страница веб-приложения содержит навигацию по основным блокам заданий и разделам (рис. 2).

Пиньинь – это стандартная система транскрипции китайских иероглифов латинскими буквами.

HSK (Hanyu Shuiping Kaoshi) – это международная система оценки знания китайского языка. Разработана в Китае и признана на международном уровне. Целью HSK является определение и оценка уровня китайского языка, что позволяет учащимся, преподавателям и работодателям иметь ясное представление о навыках и знаниях. Важно отметить, что HSK состоит из нескольких уровней, начиная HSK 1 (самый базовый уровень) и до HSK 6 (самый высокий уровень).

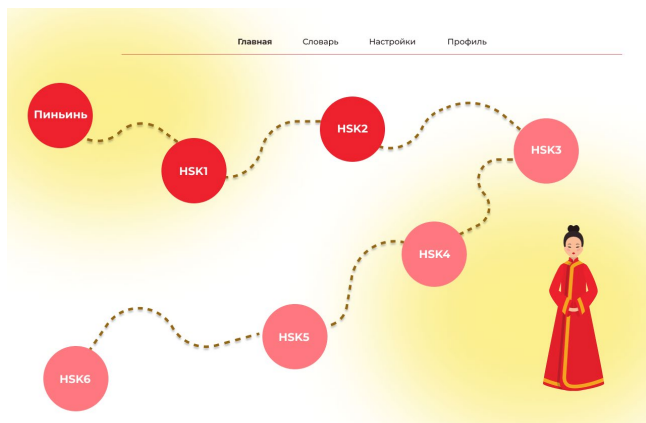


Рис. 2. Главное меню веб-приложения

В разделе профиль пользователю доступна возможность редактировать свой профиль. Помимо этого, представлена персонализированная статистика по изученному и пройденному материалу (рис. 3).

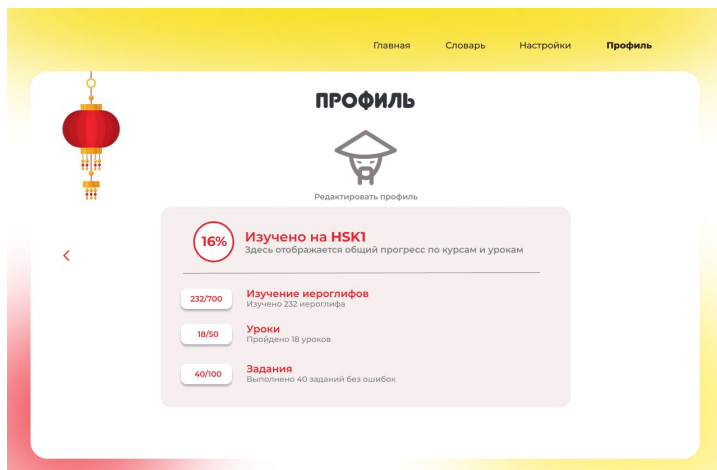


Рис. 3. Персонализированная статистика пользователя

Также в веб-приложении доступны уроки по разделам (рис. 4) и интерактивный словарь со звучанием, транскрипцией и переводом слова (рис. 5).

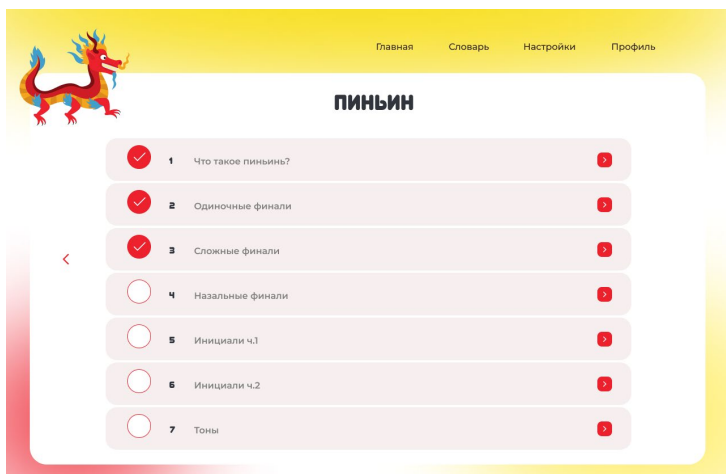


Рис. 4. Раздел с заданиями веб-приложения

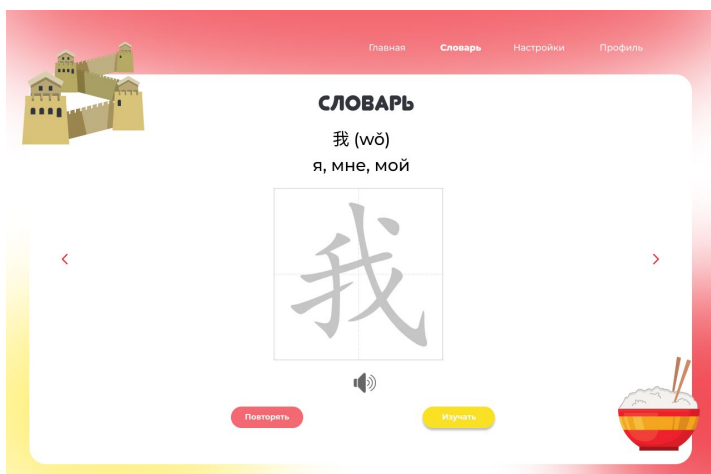


Рис. 5. Интерактивный словарь

7. Блок-схема авторизации в веб-приложении

Прежде чем пользователю будет доступен контент веб-приложения, ему необходимо пройти авторизацию.

Без использования модуля авторизации пользователь не сможет войти в систему. Данный модуль обеспечивает прием на вход системе

два параметра: логин и пароль пользователя. Схема алгоритма представлена на рис. 6.

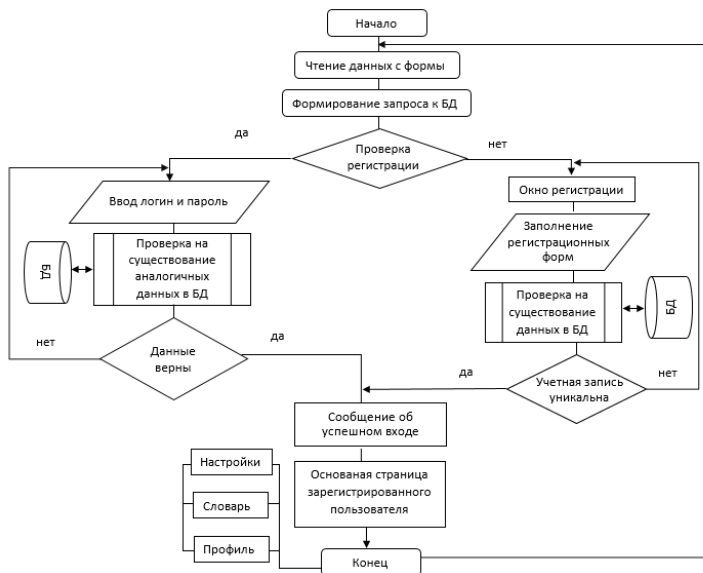


Рис. 6. Схема алгоритма авторизации

Заключение

В работе была рассмотрена структура веб-приложения по изучению китайского языка был проведен анализ существующих решений, определены функциональные требования к веб-приложению.

В результате была спроектирована логическая модель данных приложения, схема алгоритма авторизации и пользовательский интерфейс.

В дальнейшем планируется реализовать клиентскую и серверную часть, расширить контент веб-приложения, а также перенести ресурс на постоянный хостинг и ввести его в эксплуатацию.

Список литературы

1. Курников, А.В. Метод формирования учебно-методического обеспечения в информационно-образовательной системе вуза / А. В. Курников // Информатизация образования и науки. – 2013. – №3 (19). – С. 134-144.
2. Осипова И. В. Проектирование компетентностно-ориентированных основных образовательных программ, реализующих

федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования: Методические рекомендации для организаторов проектных работ и профессорско-преподавательских коллективов вузов / И. В. Осипова, О. В. Тарасюк. – Екатеринбург : РГГПУ, 2009. – 100 с.

3. Даккет Д. HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов / Д. Даккет; пер. с англ. М. А. Райтман. – Москва: Эксмо, 2020. – 480 с.

4. Любанович Б. Простой Python. Современный стиль программирования / Любанович Б; пер. с англ. И. А. Пальт, Е. В. Зазноба. – Санкт-Петербург: Питер, 2022. – 592 с.

5. Магвеева М. В. Проектирование баз данных. Нормализация. / М. В. Магвеева // Воронеж, 2018. – 52с.

6. Меле А. DJANGO 4 в примерах / А. Меле. – Москва: ДМК Пресс, 2023. – 800 с.

Алгоритм анализа кривой провисания провода воздушной линии электропередачи

Ю.А. Клименко, E-mail: klm71165@mail.ru¹

А.П. Преображенский, e-mail: app@vivt.ru¹

¹ АНОО ВО «Воронежский институт высоких технологий»

***Аннотация.** Актуальность исследования, представленного в данной статье, обусловлена необходимостью разработки программного обеспечения для улучшения качества проведения диагностических работ при обследовании воздушных линий электропередачи. В работе рассматривается возможность использования алгоритма программы сравнительного анализа параметров ЛЭП. Использование беспилотных летательных аппаратов упрощает проведение диагностических работ на ЛЭП. Данный алгоритм позволяет производить обработку полученных массивов данных для определения технического состояния линии электропередачи, выявлять отклонения и нарушения в работе, а также делать прогнозы изменения состояния ЛЭП в будущем.*

***Ключевые слова:** алгоритм, программа, стрела провисания, электроснабжение, линия, беспилотный летательный аппарат, лазерное сканирование.*

Введение

При проведении диагностики воздушных линий электропередачи (ЛЭП) в обязательном порядке производится определение такого параметра как стрела провисания электропроводов линии. В данное время это возможно произвести методов механических измерений или с помощью геодезических изысканий. Данные методы носят затратный характер с финансовой точки зрения и несут немалые трудозатраты, т.к. предполагают отключение ЛЭП от энергоснабжения. Проведение диагностики с использованием лазерного сканирования при применении беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет упростить проведение данного обследования. БПЛА с соответствующей аппаратурой на борту производит сканирование ЛЭП, подробно регистрируя состояние элементов линии. Затем происходит постобработка полученных данных и определяется реальное состояние ЛЭП. Выявляются произошедшие изменения технического характера, негативные тенденции дальнейшего развития событий, оперативно принимаются меры по их устранению. Для этого

необходимо соответствующее программное обеспечение. Для этой цели разработан алгоритм программы сравнительного анализа ЛЭП.

Алгоритм программы сравнительного анализа ЛЭП

Теория технического зрения предполагает наличие нескольких подходов для идентификации линии электропередачи. Одним из них является подход поточечного процентного сравнения реальной линии с эталонным её видом, например цепной линией, которая принимается за образец [1].

Сначала осуществляется предварительная обработка для определения основных признаков объекта, такого, например, как положение в пространстве или другого отличительного признака.

Затем производится сравнение с каким-либо эталоном (образцом) ранее измеренным или полученным расчётным путём [2,3]. На основании сравнительного анализа происходит распознавание образа объекта [4]. Выделяются некоторые изменения, произошедшие с ним в пространстве и времени. В нашем случае, объектом является воздушная линия электропередачи (ЛЭП).

Для этого должен быть разработан алгоритм программы чтобы провести сравнительный анализ самой ЛЭП или её составных частей.

Исходными данными для сравнительного анализа объекта являются [5]:

- двумерный (трёхмерный) информационный массив данных;
- составные части ЛЭП (количество опор, количество проводов, расстояния между опорами, углы наклона опор, сканированные величины стрелы провисания провода).

Структура алгоритма программы должна содержать:

- проведение тестирования для определения готовности к проведению анализа;
- ввод исходных данных;
- основные процедуры по идентификации, такие как "поиск количества опор", "поиск количества проводов", "поиск межопорных расстояний", "поиск углов наклона опор", "поиск величины провиса провода", "поиск высоты точек повеса провода" и другие.

Алгоритм сравнительного анализа реализуется путём :

- проверки строк информационного массива данных [6];
- запоминания координат цифровой информации;
- преобразования координат в переменные.

Сканирование данных информационного массива одной процедуры производится до определения параметров другой процедуры. Обработка данных ведётся циклично до достижения начальной точки сканирования.

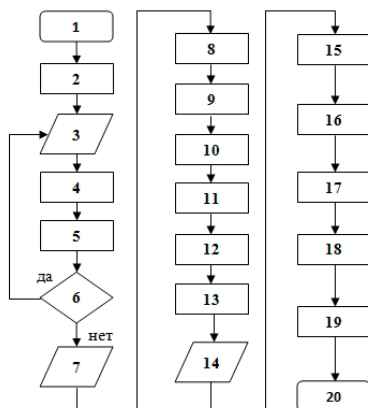


Рис. 1. Алгоритм программы сравнительного анализа ЛЭП

Описание алгоритма сравнительного анализа.

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Тестирование работы алгоритма программы сравнительного анализа ЛЭП.

Шаг 3. Ввод исходных данных [7] алгоритма программы сравнительного анализа ЛЭП.

Шаг 4. Проверка работы процедур по идентификации объекта.

Шаг 5. Поиск процедур для идентификации объекта.

Шаг 6. Идентификации [8] объекта проведена. Определяется соответствие выбранного объекта. Если объект определён, то производится переход к пункту алгоритма "Шаг 7". Если объект не определён, то производится переход к пункту алгоритма "Шаг 3".

Шаг 7. Ввод данных для вычисления основных параметров цепной линии. Заносятся данные для расчёта : длина провода, длинна пролёта между опорами, превышение высоты опор относительно друг друга, вес погонного метра провода, поперечное сечение провода.

Шаг 8. Расчёт коэффициента k , который определяет соотношение длины цепной линии (ЦЛ) и суммы длины пролёта между опорами и превышения высот точек крепления провода между опорами. При условии, что $k \geq 1$ длина ЦЛ $L^2 \geq l^2 + h^2$, то

$$k = \frac{\sqrt{L^2 - h^2}}{l}, \quad (1)$$

где, L - длина цепной линии, l - длина расстояния между опорами, h - превышения высот точек крепления провода между опорами.

Шаг 9. Расчёт параметра a ЦЛ, который определяет длину такого отрезка нити, вес которого равен горизонтальной составляющей натяжения нити.

$$a = \frac{l}{2\zeta}, \quad (2)$$

где, ζ

Шаг 10. Вычисляется гиперболический тангенс:

$$\operatorname{th} \frac{2\delta - l}{2a} = \frac{h}{L}. \quad (3)$$

Шаг 11. Расчёт стрелы провисания провода

$$f = a \left(ch \frac{\delta}{a} - 1 \right). \quad (4)$$

Шаг 12. Определение горизонтальной составляющей натяжения провода в точках А и В на опорах ЛЭП.

$$T_A = q(a + f), \quad (5)$$

$$T_B = q(a + f - h). \quad (6)$$

Шаг 13. Зная значения стрелы провисания провода, точки крепления провода и вес единицы длины провода определяем гиперболический косинус. При условии расположения точек крепления подвеса на одинаковом уровне гиперболический косинус определяется:

$$ch\zeta = 2 \frac{f}{l} \zeta + 1, \quad (7)$$

где

$$\zeta = \frac{l}{2a}.$$

Если точки крепления подвеса расположены не на одинаковом уровне, то если предположить, что $\frac{\delta}{a} = \zeta$ и $\frac{l - \delta}{a} = \xi$, тогда

$$\delta = \frac{l\zeta}{\zeta + \xi} \quad \text{и} \quad a = \frac{l}{\zeta + \xi}.$$

Тогда

$$\xi = \frac{l}{f} (ch\zeta - 1) - \zeta,$$

$$\zeta = \frac{l}{f - h} (ch\zeta - 1) - \xi. \quad (8)$$

Шаг 14. Ввод данных сканированного участка ЛЭП.

Шаг 15. Вычисление параметров сканированного участка ЛЭП.

Шаг 16. Проведение сравнительного анализа параметров линий путём наложения графиков реальной линии и цепной линии с вынесением вывода об их соответствии друг другу (рис.2).



Рис. 2. Проведение сравнительного анализа параметров линий путём наложения графиков реальной линии и цепной линии

Выравнивание кривых [8] по высоте производим путём подрезания их ветвей (рис.3). Проводим измерение расстояний между концами кривых и определяем соотношение между ними. Выделяем реальную линию, масштабируем её по оси X с коэффициентом K, равным этому соотношению. Накладываем масштабированную реальную линию на цепную и делаем вывод о соответствии или не соответствии их друг другу (рис.4).



Рис. 3. Выравнивание кривых по высоте путём подрезания их ветвей

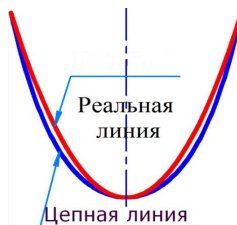


Рис. 4. Наложение масштабированной реальной линии на цепную линию для определения их соответствия

Шаг 17. Проведение сравнительного анализа [9,10] параметров линий путём наложения графиков реальной линии и ранее проведённым измерением её с вынесением вывода об их соответствии друг другу.

Шаг 18. Определение величин изменения параметров ЛЭП.

Шаг 19. Вынесение заключения о степени изменения параметров ЛЭП.

Шаг 20. Конец выполнения алгоритма.

Заключение

В статье были рассмотрены вопросы использования БПЛА, аппаратуры лазерного сканирования и программного обеспечения для проведения диагностических работ на ЛЭП.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

- проведён анализ основных проблем при проведении диагностических работ на воздушных ЛЭП;
- исследован процесс проведения диагностических работ на воздушных ЛЭП при использовании БПЛА;
- проведён анализ возможности применения алгоритма программы сравнительного анализа ЛЭП;
- разработан алгоритм программы проведения сравнительного анализа технического состояния ЛЭП;
- на основании проведённого исследования подтверждён положительный эффект работы алгоритма программы сравнительного анализа параметров ЛЭП.

Список литературы

1. Дэвид А. Форсайт, Джин Понс. Компьютерное зрение. Современный подход / Computer Vision/ А.Дэвид Форсайт, П. Джин . А Modern Approach: Пер. с англ. — М.: «Вильямс», 2004. — С. 928.
2. Джордж Стокман, Линда Шапиро. Компьютерное зрение . Computer Vision / Д. Стокман, Л. Шапиро: Пер. с англ. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. — С. 752.
3. Хорн Б.К. Зрение роботов./ Б.К.: Хорн. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 487 с.
4. Чэн Ш.-К. Принципы проектирования систем визуальной информации М.: Мир, 1994
5. Y. Klimentko, A. P. Preobrazhenskiy and I. Y. Lvovich, "Optimization of Technological Process of Monitoring of Power Quality in Distribution Networks 10/0.4 kV/ Klimentko Y., Preobrazhenskiy A. P., Lvovich I. Y. // 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Chelyabinsk, Russia, pp. 422-427, 2019.

6. V. Salehi, A. Mohammed, A. O. Mohammed. “Implementation of real-time optimal power flow management system on hybrid AC/DC smart distributed network / Salehi V., Mohammed A. , Mohammed A. O. // 2012, IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS), pp. 1-8, 2012.
7. Ilayaraja M, Meyyappan Thiru. Efficient Data Mining Method to Predict the Risk of Heart Diseases Through Frequent Itemsets./ M. Ilayaraja, T. Meyyappan // Procedia Computer Science. — ELSEVIER, 2015 — P. 586–592.
8. Wong Ke Wang, Zhou Senqiang, Yang Qiang. Mining Customer Value: From Association Rules to Direct Marketing. / Wong Ke Wang, Zhou Senqiang, Yang Qiang //Data Mining and Knowledge Discovery. — SPRINGER, 2005 — P. 57–79.
9. Sriphaew Kritsada, Theeramunkong Thanaruk. Mining Generalized Closed Frequent Itemsets of Generalized Association Rules. Lecture Notes in Computer Science. — SPRINGER, 2003 — P. 476–484.
10. Gangurde Roshan, Kumar Dr. Binod, Gore Dr. S. D. Building Prediction Model using Market Basket Analysis / G. Roshan, Kumar Dr. Binod, Gore Dr. S. D // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. — IJIRCCE, 2017 — P. 2541–2548.

Интеграция 1С-Битрикс, MySQL и Django: оптимизация веб-проектов

О. С. Курзина, kurzina54322@ gmail.com ¹
В. С. Попов, popov_vlad@mail.ru ^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

² ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

***Аннотация.** В статье показаны методы интеграции и оптимизации 1С-Битрикс, MySQL и Django для создания высокопроизводительных веб-приложений.*

***Ключевые слова:** 1С-Битрикс, CMS, MySQL, Django, интеграция, веб-проект.*

Введение

1С-Битрикс — это мощная платформа управления контентом (CMS), которая широко используется для создания сайтов и интернет-магазинов. Она предлагает множество инструментов для управления контентом, а также функциональность для разработки электронной коммерции. Благодаря своей модульной структуре и гибкости 1С-Битрикс стал неотъемлемой частью веб-разработки для многих компаний [1].

MySQL — это одна из самых популярных открытых реляционных систем управления базами данных. Она широко используется в веб-разработке для хранения данных, организации информации и обеспечения её безопасности. Благодаря своей производительности, надёжности и гибкости, MySQL является основным выбором для многих сайтов и веб-приложений [2].

Django — это мощный фреймворк для создания веб-приложений на языке программирования Python. Он предоставляет разработчикам множество инструментов для быстрой разработки, а также включает в себя механизмы автоматического администрирования, управления URL-адресами и обработкой форм. Благодаря своей модульной структуре и встроенным инструментам для безопасности, Django позволяет создавать масштабируемые и безопасные веб-приложения.

В мире веб-разработки важно уметь эффективно интегрировать различные технологии для создания мощных и эффективных веб-проектов. В данной статье мы рассмотрим процесс интеграции

популярной системы управления контентом 1С-Битрикс, базы данных MySQL и мощного фреймворка веб-приложений Django.

Интеграция 1С-Битрикс и MySQL играет ключевую роль в разработке сайтов и интернет-магазинов на основе популярной CMS. 1С-Битрикс, как правило, использует MySQL в качестве базы данных для хранения информации о контенте, товарах, пользователях и других элементах сайта.

1. Интеграция 1С-Битрикс и MySQL

Давайте рассмотрим основные аспекты интеграции этих двух технологий.

1. Настройка базы данных: когда вы устанавливаете 1С-Битрикс, вы можете выбрать MySQL в качестве базы данных. После этого процесс установки создаст необходимые таблицы и структуру базы данных для работы CMS.

2. Работа с данными: 1С-Битрикс использует MySQL для хранения информации о страницах сайта, шаблонах, пользователях, заказах. Разработчики могут взаимодействовать с этими данными через специальные API и запросы к базе данных для управления контентом, пользовательскими данными и другими элементами сайта.

3. Оптимизация запросов к базе данных: одним из ключевых аспектов интеграции является оптимизация запросов к базе данных. Поскольку 1С-Битрикс обрабатывает большие объемы данных, важно оптимизировать запросы для обеспечения высокой производительности сайта. Разработчики могут использовать индексы, кэширование, оптимизированные запросы SQL и другие методы для улучшения производительности работы с MySQL в контексте 1С-Битрикс.

4. Работа с API: 1С-Битрикс предоставляет различные API для взаимодействия с MySQL и управления содержимым сайта. Разработчики могут использовать API для создания новых страниц, публикации контента, управления пользователями, обработки заказов и других задач.

Интеграция 1С-Битрикс и MySQL позволяет создавать мощные веб-ресурсы с гибким управлением контентом и обширными возможностями для интернет-магазинов. Однако важно помнить об оптимизации запросов и эффективном использовании API для достижения высокой производительности и удовлетворения потребностей пользователей.

2. Использование Django для расширения функциональности

Django предоставляет возможности для создания гибких и мощных API с использованием Django REST framework. Вы можете создать API,

которые взаимодействуют с данными из 1С-Битрикс и MySQL, предоставляя доступ к контенту, товарам, пользователям и другим элементам вашего сайта. Например, вы можете создать API для получения информации о товарах из вашего интернет-магазина, управления пользователями или запросов к базе данных для особых операций (листинг).

Листинг

Django view, предоставляющего API для получения списка товаров из MySQL

```
from rest_framework.response import Response
from rest_framework.decorators import api_view
from .models import Product # Предположим, что у вас есть
# модель товара
@api_view(['GET'])
def product_list(request):
    products = Product.objects.all()
    serialized_products = ProductSerializer(products,
    many=True)
    return Response(serialized_products.data)
```

Вы также можете использовать Django в качестве промежуточного слоя между 1С-Битрикс и MySQL. Например, вы можете создать приложение Django, которое осуществляет обработку бизнес-логики или дополнительной обработки данных перед их сохранением в базе данных MySQL. Это позволит вам реализовать более сложные операции, используя всю мощь Python и Django, а затем сохранять результаты в базе данных 1С-Битрикс.

В отношении архитектурных подходов к интеграции Django, 1С-Битрикс и MySQL, важно разделять логику вашего приложения для максимальной чистоты и гибкости. Модели Django могут быть связаны с базой данных MySQL для хранения и обработки данных, в то время как API и представления Django могут общаться с 1С-Битрикс и предоставлять необходимые данные и функциональность. В итоге интеграция Django, 1С-Битрикс и MySQL предоставляет возможности для создания мощных веб-приложений с гибкостью и расширяемостью. Всё зависит от ваших потребностей и требований проекта, но Django, несомненно, предоставляет множество возможностей для интеграции с такими популярными технологиями как 1С-Битрикс и MySQL.

3. Оптимизация производительности и безопасности

Оптимизация производительности и обеспечение безопасности играют важную роль при интеграции 1С-Битрикс, MySQL и Django.

Следующие практические методы могут улучшить производительность и обеспечить безопасность ваших веб-проектов:

- Кэширование: Использование системы кэширования в Django может существенно повысить производительность. Кэширование запросов к базе данных, результатов обработки и других данных может уменьшить нагрузку на сервер и ускорить отдачу содержимого. Django предлагает удобные средства для работы с кэшем, например, через модуль `caches` и декораторы для кэширования представлений.

- Асинхронная обработка: В случае выполнения длительных операций, таких как обращения к внешним API или обработка большого объема данных, использование асинхронной обработки в Django может существенно снизить нагрузку на сервер и улучшить производительность. Модули, такие как `async/await` в Python, могут быть полезны при асинхронной обработке.

Обеспечение безопасности данных:

- Защита от SQL-инъекций: При взаимодействии с базой данных MySQL через Django ORM, важно использовать параметризованные запросы или ORM методы для предотвращения SQL-инъекций. Django ORM предоставляет встроенные механизмы защиты от подобных атак.

- Аутентификация и авторизация: Используйте встроенные средства Django для аутентификации и авторизации пользователей. Использование стандартных средств аутентификации поможет предотвратить типичные уязвимости.

- Шифрование данных: При работе с конфиденциальными данными, следует активно использовать шифрование. Django предоставляет инструменты для шифрования данных в базе, включая поддержку HTTPS.

Представленные методы помогут улучшить производительность и безопасность веб-проекта при интеграции 1С-Битрикс, MySQL и Django, обеспечивая надежную и масштабируемую основу для разработки веб-приложений.

Заключение

Используя 1С-Битрикс в сочетании с MySQL, разработчики получают мощный инструмент для управления контентом, товарными позициями, пользователями и другими аспектами веб-проектов. Интеграция Django позволяет создавать дополнительные функции, включая мощные API, асинхронную обработку и многое другое, обогащая возможности веб-приложений.

Интеграция 1С-Битрикс, MySQL и Django представляет собой захватывающий путь в разработке веб-приложений. Освоив эту интеграцию, разработчики получают возможность создавать

производительные, безопасные и инновационные веб-проекты с учетом особенностей каждой из этих технологий. В данной статье были рассмотрены ключевые аспекты интеграции, такие как работа с данными, расширение функциональности и методы оптимизации производительности.

Список литературы

1. Михайлов С.С. 1С-Битрикс: преимущества и основные функции. Санкт-Петербургский государственный экономический университет. Том- №1. – 2023. С. 3-5.
2. Пальчевский Е.В. Оптимизация СУБД MySQL под высокие вычислительные нагрузки. – 2016. С. 64-68.
3. Студенников В.Ю. Автоматическое развёртывание на Web-сервере пользователя бесплатных CMS на хостинге). – 2017.
4. Джумагазиев А., Мамбетова С.А. Актуальность Django restframework технологии в создании back-end части веб-сайта образовательного учреждения. – 2023. С. 16-18.
5. Максимченко А.В. Методы оптимизации современных веб-приложений. – 2023. С. 23-26.

Система управления гостиничным сервисом

С. Г. Лаптев, email: sl260401@gmail.com

К.Я. Раханов

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой

***Аннотация.** В статье описана система управления гостиничным сервисом Hotel Management Software (HMS). Представлены сравнительный анализ аналогов, проектирование программного обеспечения, результат разработки приложения.*

***Ключевые слова:** система управления, информационное управление, информационная система, гостиница, pms, hms.*

Введение

Система управления гостиничным сервисом поможет автоматизировать многие процессы в работе гостиницы и увеличить скорость их выполнения, что приведет к увеличению количества довольных клиентов, а, следовательно, к увеличению прибыли заведения.

Разработанное веб-приложение работает как экосистема, в которой администраторы и сотрудники отеля будут работать с функциями системы из единого интерфейса. Приложение позволяет перенести работу отеля в CRM (Customer relationship management) и эффективно управлять бизнесом.

Веб-система дает возможность пользователям получить к ней доступ в любое время, используя веб-браузер на своем устройстве.

Сравнительный анализ аналогов

В настоящее время HMS должны быть у каждой гостиницы повсеместно, чтобы упростить работу администратора в любом отеле мира. В данном сравнительном анализе были выбраны несколько PMS (Property Management Software), которые используют отели в России, а именно: «TravelLine», «Вново», «Контур.Отель», «HotelCloud».

Проведя сравнительный анализ были сделаны следующие выводы. Все системы имеют номерной фонд, реестр бронирования, базу данных клиентов, возможность управления ценами, умеют создавать отчеты. Но имеются и индивидуальные особенности, которые позволяют выделяться среди конкурентов.

Особенностью системы «TravelLine» является то, что администратор может создать свой сайт отеля с помощью встроенного конструктора по шаблонам.

«Вново» использует модульную структуру сервиса. Их пользователи могут приобретать модули только с необходимыми им функциями.

«Контур.Отель» может вести регистрационный и миграционный учет граждан. А также имеет модуль «Распознавание сканов паспортов».

«HotelCloud» имеет бесплатную демо-версию продукта без необходимости оставлять заявку, а также имеет 30 дней тестового периода с неограниченным функционалом.

Исходя из информации, полученной в ходе проведения сравнительного анализа, можно сделать следующие выводы: после создания минимальной функциональности программы необходимо учесть все достоинства и недостатки других систем, в результате чего выделиться среди конкурентов. Например, использовать систему как надстройку над существующим сайтом отеля, чтобы клиенты могли иметь доступ к некоторым функциям веб-системы из привычного интерфейса, или иметь хорошо оптимизированный сервис для уменьшения вычислительной нагрузки на сервер, что приведет к снижению цены на сам продукт.

Проектирование программного обеспечения

Веб-сервис должен обеспечивать администратору возможность просмотра, добавления и редактирования информации, хранящейся в базе данных, а также выводить необходимую информацию в понятном для пользователя виде.

Данное программное обеспечение будет представлять собой веб-приложение состоящие из следующих компонентов: прокси-сервер, веб-сервер, сервер базы данных, файловый сервер, сервер мониторинга, SMS-сервер, почтовый сервер.

Клиенты отеля будут использовать веб-браузер, чтобы пользоваться услугами через сайт гостиницы, а сотрудники получают доступ к панели администратора. Также клиенты будут получать письма о своих заказах и новостях отеля на электронную почту.

Прокси-сервер получает HTTPS-запросы от клиента, и отправляет в ответ HTML-страницу, либо отправляет данные из запроса клиента на веб-сервер для дальнейшей обработки.

На веб-сервере будут разработаны следующие модули:

- модуль авторизации, в котором реализованы функции регистрации и авторизации пользователя с сохранением JSON Web Token в cookie-файлы;

- модуль отзывов, с реализованными функциями создания и просмотра отзывов клиентами;

- модуль настройки типов номеров, в котором администратор может создать типы номеров, существующие в отеле;
- модуль номерного фонда, позволяет администратору создать список номеров, которые будут отображаться на главной странице панели администратора в виде календарного графика брони номеров;
- модуль дополнительных услуг, в котором реализован функционал создания дополнительных услуг, предоставляемых для заказа посетителям отеля;
- модуль бронирования номера. Этот модуль обрабатывает заявку клиента на номер и подбирает подходящую по критериям комнату, данные о которой отправляются клиенту на электронную почту;
- модуль базы клиентов, в котором администратор управляет базой клиентов отеля;
- модуль ролей пользователей, реализующий функции для работы с ролями пользователей в системе.
- модуль для заказа дополнительных услуг. Этот модуль показывает клиенту список дополнительных услуг отеля, и формирует заказ на выбранные услуги, данные о которых высылаются на электронную почту клиента;
- модуль для задач сотрудников, который позволяет администратору выдавать задачи сотрудникам, а сотрудникам отмечать их статус выполнения;
- модуль новостей, позволяющий администратору создавать новости, которые будут отображаться на соответствующей странице на сайте отеля.

Сервер базы данных хранит в себе информацию об отеле в виде таблиц с данными, а также имеет систему управления базой данных (СУБД), которая позволяет управлять этими данными и обеспечивает их целостность.

Сервер бэкапирования хранит в себе файлы сайта, конфигурационные файлы, бэкапы базы данных.

В файловом сервере реализованы функции для создания и хранения отчетов, которыми управляет администратор.

Сервер мониторинга ведет логи работы системы, и при возникновении ошибок информирует администратора уведомлениями в системе и письмами на электронную почту. Для визуального мониторинга производительности серверов используется Grafana 10.2, а для анализа доступности серверов – Zabbix 6.4.

Почтовый сервер отправляет пользователям системы различную информацию на электронную почту, например, информацию о брони номеров, задачи сотрудников, уведомления об ошибках системы и т.д.

На SMS-сервере разработан Telegram-бот, который уведомляет сотрудников о полученных задачах, сотрудник может изменять статус их выполнения с помощью бота.

На основе данной информации была разработана диаграмма развертывания, которая представлена на рис. 1.

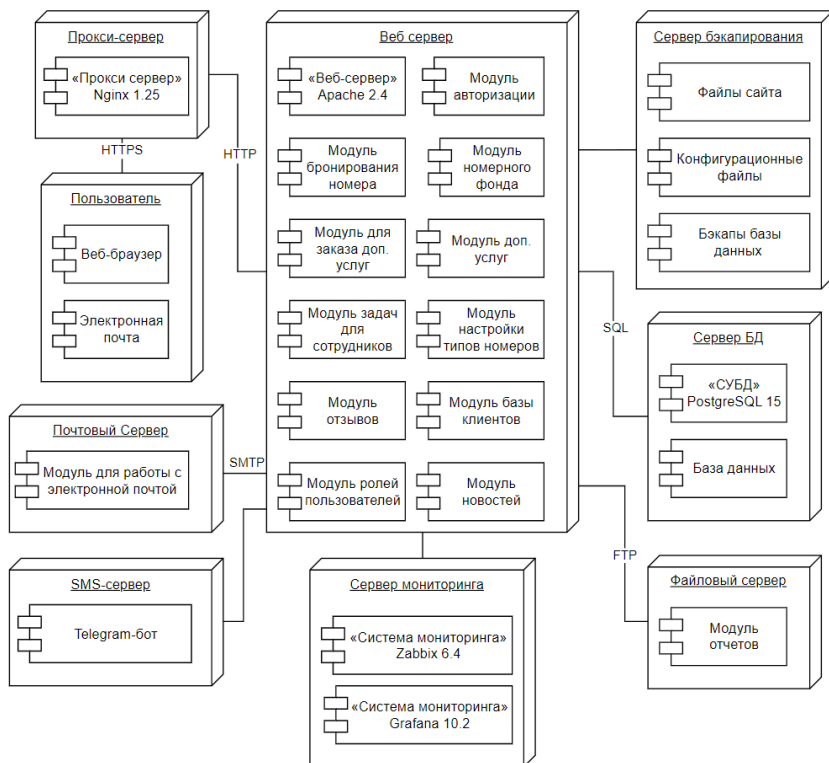


Рис. 1. Диаграмма развертывания

Таким образом, разрабатываемое приложение должно будет выполнять все необходимые функции для комфортного использования.

Клиент гостиницы будет использовать веб-браузер для заказа услуг, предоставляемых гостиницей, просматривать свою историю заказов, а также сможет оставлять и просматривать отзывы других посетителей.

Администратор может настраивать номерной фонд, может добавлять типы номеров, существующие дополнительные услуги, настраивать прейскурант, а также назначать задачи сотрудникам.

Сотрудник может просматривать информацию о номерах, а также выполнять поставленные ему задачи.

Сама система автоматизирует некоторые процессы, например, подбирает подходящий клиенту номер, высылает на электронную почту подтверждения о бронировании или другие новости, анализирует некоторые ошибки и при необходимости высылает уведомления администратору.

Безопасность и защита данных

Обеспечение безопасности данных строится в основном на принципе целостности данных, что подразумевает собой недопустимость модификации информации пользователями или ее порчи вследствие сбоя или вирусных атак. Поэтому доступ к функциям системы возможен только авторизованным пользователям.

У пользователей есть доступ только к тем функциям, которыми им разрешено пользоваться в соответствии с их ролью.

В базе данных предусмотрен отказ добавления данных, если они не соответствуют правилам.

При возникновении каких-либо ошибок в базе данных предусмотрен отказ транзакций.

Пароли пользователей хранятся в базе данных в хешированном виде с использованием «соли» для дополнительной защиты.

Клиенты используют HTTPS для сохранности передаваемых данных.

Разработка приложения

Во время разработки приложения для построения серверной части использовался фреймворк NestJS [1] на базе фреймворка Express. Для клиентской части использовался фреймворк Angular [2]. Эти средства были выбраны, так как оба поддерживают язык программирования TypeScript [3] и имеют готовые решения для реализации необходимых функций. В качестве хранилища данных была выбрана СУДБ PostgreSQL [4-5], которая отлично взаимодействует с NestJS с помощью TypeORM [6].

Приложение представляет собой сайт со следующими страницами:

– страницы, доступные всем пользователям: «Главная», «О нас», «Отзывы», «Комнаты», «Услуги», «Новости», «Контакты», «Регистрация», «Вход в аккаунт»;

– страницы, доступные зарегистрированным пользователям: «Бронирование комнаты», «Доп. услуги», «Мои заказы», «Оставить отзыв»;

– панель администратора со следующими страницами: «Главная», «Заказы», «Пользователи», «Роли», «Комнаты», «Типы комнат», «Задачи», «Доп. услуги», «Отчеты».

Главная страница панели администратора с календарным графиком брони номеров представлена на рис. 2.

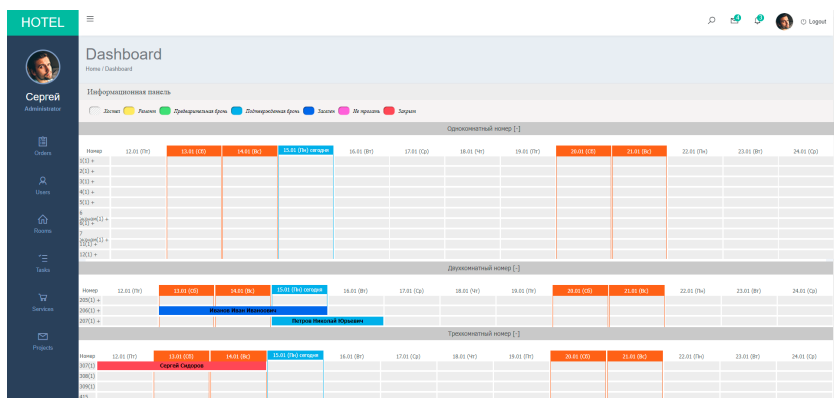


Рис. 2. Панель администратора

Заключение

Таким образом, в данной статье было описано программное обеспечение «Система управления гостиничным сервисом». Был проведен сравнительный анализ аналогов и выявлены преимущества и недостатки конкурентов. Также была представлена диаграмма развертывания, которая показала разработанную функциональность приложения.

В результате проделанной работы мы имеем веб-систему, которая помогает сотрудникам гостиниц управлять, организовывать и контролировать все действия, включая бронирование номеров, регистрацию заезда или отъезда гостей, управление дополнительными услугами, настройка номерного фонда, управление ценами, выставление счетов, управление базой клиентов, а также назначение задач сотрудникам.

Преимущества разработанной системы в том, что она находится на веб-сервере, который позволяет работать с отелем из веб-браузера пользователя. Также разработанная система построена над существующим веб-сайтом отеля, что позволяет сотрудникам управлять информацией на сайте из панели администратора. Кроме того, разработанная система имеет SMS-сервер и почтовый сервер, которые

отправляют информацию пользователям через соответствующие сервисы. Это дает возможность не находиться на странице веб-приложения постоянно. Также в систему управления гостиничным сервисом по умолчанию встроен сервер мониторинга, который позволяет всегда быть уверенным в работоспособности системы.

Список литературы

1. NestJS документация [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа: <https://docs.nestjs.com>
2. Angular документация [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа: <https://angular.dev>
3. Черный Б. Профессиональный TypeScript. Разработка масштабируемых JavaScript-приложений. / Б. Черный – СПб.: Питер, 2021 – 352 с.
4. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт – 8-е издание.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2005. – 1328 с.
5. Коннолли, Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. / Т. Коннолли, К. Бегг – 3-е издание. Пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2003. – 1440 с.
6. TypeORM документация [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа: <https://typeorm.io>

Разработка программы заполнения хранилища в Oracle Cloud

Я. А. Медведева, email: yanamedvedeva1314@gmail.com

М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

***Аннотация.** В работе представлено создание процедуры заполнения хранилища в системе ESS Oracle Cloud в модуле финансы с помощью таблиц, созданных в Oracle PaaS ERP, и интеграций на платформе Oracle Integration Cloud, а также рассмотрено создание веб-формы в Visual Builder.*

***Ключевые слова:** Oracle Integration Cloud, PaaS, интеграции, BI Publisher, SaaS, Visual Builder, база данных, таблица, web-форма, Oracle Developer Cloud Service, web-сервисы, хранилище.*

Введение

В современном бизнес-окружении, главная книга, играет критически важную роль в управлении финансовыми операциями предприятия. Она служит основой для подготовки отчетности, которая необходима для анализа финансового состояния компании, оценки ее производительности и планирования будущих действий. Но не все системные таблицы в Oracle Cloud могут предоставить детализированную информацию по финансовым движениям в системе, поэтому создание хранилища с определенной структурой заполнения является лучшим решением в вопросе рассмотрения полной информации финансового положения предприятия.

Работа посвящена реализации хранилища на стороне системы ESS на базе Oracle Cloud [1], при помощи созданных таблиц в Oracle PaaS ERP и интеграций (web-сервисы для обмена данными между облачными приложениями) в Oracle Integration Cloud, а также для удобства вызова заполнения хранилища и отображения результатов его работы будет создана web-форма с помощью инструмента Visual Builder.

Oracle Developer Cloud Service — это облачная платформа разработки программного обеспечения Platform as a Service (PaaS) и среда для инфраструктуры разработки приложений. Она представляет

решение для планирования, разработки, совместной работы, создания и развертывания приложений в Oracle Cloud.

Oracle Integration Cloud Service (OIC) — интеграционное решение, которое помогает обеспечить пересылку данных в облачных приложениях [2].

1. Анализ задачи

В рамках разработки программы заполнения хранилища в Oracle Cloud, предлагается решение, разделенное на несколько ключевых этапов:

1. Создание таблиц для хранения кортежей данных в сгруппированном виде по всем транзакциям из главной книги по периодам [5].

2. Реализация механизма интеграции, который по запросу пользователя, будет заполнять таблицы хранилища детализированными данными, полученными из главной книги облачного приложения Oracle SaaS ERP в соответствии с заданными параметрами.

3. Создание интерактивной web-формы, которая обеспечит возможность ручного запуска заполнения хранилища, просмотра результатов вызова программы.

Для того, чтобы происходил импорт данных из системы ESS в хранилище, необходимо чтобы в ней присутствовали данные о движении по счетам за указанный период на форме. Программа заполнения хранилища предполагает запуск только по закрытым периодам главной книги и проверку на даты последнего заполнения хранилища, чтобы не было дублированных записей.

2. Системные требования

Для решения поставленных задач выявлены следующие требования к системному окружению:

1. Доступ к базе данных Oracle Cloud.

2. Наличие доступа к экземплярам Oracle SaaS ERP с уровнем доступа, позволяющим создавать отчёты BI Publisher.

3. Наличие доступа к платформе Oracle Developer Cloud Service (Oracle PaaS ERP) [4] с полномочиями, позволяющими создавать таблицы для хранения данных.

4. В Oracle Integration Cloud должны быть настроены соединения к экземплярам REST API, SaaS ERP, PaaS OIC [3].

5. Доступ к web-форме с запуском заполнения хранилища ограничивается ролью с привилегией «Запуск заполнения хранилища».

3. Реализация

При создании интеграций автоматически формируется основной web-сервис, в который из web-формы передаются следующие обязательные параметры:

- PERIOD_FROM — период, с которого программа должна осуществить перенос данных в хранилище из системы;
- PERIOD_TO — период, по который программа должна осуществить перенос данных в хранилище из системы.

Отчет BI Publisher [6] генерирует данные по заданным параметрам, которые затем сохраняются в ОИС в виде виртуального файла.

На следующем шаге циклично вызываются две дополнительные интеграции, которые отбирают данные по найденным закрытым периодам главной книги, полученных из отчета, и происходит заполнение созданных таблиц:

1. Таблица YEAR_TOTALS содержит в себе кортежи данных по всем движениям балансовых счетов главной книги, и по всем опубликованным журналам с актуальными статусами (рис. 1).

2. Таблица YEAR_DETAILS содержит в себе детализированные данные о проводках в сопоставлении с информацией из таблицы YEAR_TOTALS (рис. 2).

PROC_ID	NUMBER
CREATION_DATE	DATE
FORMAT	VARCHAR2 (100 BYTE)
LEDGER	VARCHAR2 (200 BYTE)
CURRENCY	VARCHAR2 (100 BYTE)
ENTITY	VARCHAR2 (100 BYTE)
ACCOUNT	VARCHAR2 (100 BYTE)
RELATED_PARTY	VARCHAR2 (100 BYTE)
TRANSFER_TO_EPM	VARCHAR2 (10 BYTE)
YEAR	VARCHAR2 (25 BYTE)
PERIOD	VARCHAR2 (100 BYTE)
BSM_MAPPING_GROUP	VARCHAR2 (100 BYTE)
APPLICATION	VARCHAR2 (250 BYTE)
EPM_EVENT_CLASS	VARCHAR2 (2000 BYTE)
EPM_EVENT_TYPE	VARCHAR2 (2000 BYTE)
VARIABLE1	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE2	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE3	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE4	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE5	VARCHAR2 (250 BYTE)
GLCATEGORY	VARCHAR2 (100 BYTE)
BSM	VARCHAR2 (100 BYTE)
AMOUNT	NUMBER

◆ INTP335_BSM_YEAR_TOTALS_N1 (PROC_ID)
◆ INTP335_BSM_YEAR_TOTALS_N2 (CREATION_DATE)
◆ INTP335_BSM_YEAR_TOTALS_N3 (ACCOUNT)

Рис. 1. Структура таблицы хранилища YEAR_TOTALS

PROC_ID	NUMBER
CREATION_DATE	DATE
BSM_CODE	VARCHAR2 (1000 BYTE)
GL_BATCH	VARCHAR2 (1000 BYTE)
GL_JOURNAL	VARCHAR2 (1000 BYTE)
GL_LEDGER	VARCHAR2 (100 BYTE)
GL_LEDGER_ID	NUMBER
GL_JOURNAL_DESCRIPTION	VARCHAR2 (2000 BYTE)
SOURCE	VARCHAR2 (250 BYTE)
CATEGORY	VARCHAR2 (250 BYTE)
YEAR	VARCHAR2 (25 BYTE)
PERIOD	VARCHAR2 (30 BYTE)
ACCOUNTING_DATE	DATE
POSTED_DATE	VARCHAR2 (30 BYTE)
SLA_CREATION_DATE	VARCHAR2 (30 BYTE)
CREATED_BY	VARCHAR2 (50 BYTE)
LINE_NUMBER	VARCHAR2 (20 BYTE)
ENTITY	VARCHAR2 (250 BYTE)
ACCOUNT	VARCHAR2 (250 BYTE)
RELATED_PARTY	VARCHAR2 (250 BYTE)
ACCOUNT_COMBINATION	VARCHAR2 (300 BYTE)
ACCOUNT_DESCRIPTION	VARCHAR2 (2000 BYTE)
DEBIT	NUMBER
CREDIT	NUMBER
CURRENCY	VARCHAR2 (3 BYTE)
DEBIT_KZT	NUMBER
CREDIT_KZT	NUMBER
LINE_DESCRIPTION	VARCHAR2 (2000 BYTE)
TRANSACTION_NUMBER	VARCHAR2 (500 BYTE)
TRANSACTION_DATE	VARCHAR2 (30 BYTE)
EVENT_TYPE	VARCHAR2 (2000 BYTE)
EVENT_CLASS	VARCHAR2 (2000 BYTE)
TRANSFER_TO_EPM	VARCHAR2 (10 BYTE)
BSM_MAPPING_GROUP	VARCHAR2 (1000 BYTE)
EPM_FORMAT	VARCHAR2 (30 BYTE)
EPM_APPLICATION	VARCHAR2 (500 BYTE)
EPM_CATEGORY	VARCHAR2 (2000 BYTE)
EPM_EVENT_TYPE	VARCHAR2 (2000 BYTE)
EPM_EVENT_CLASS	VARCHAR2 (2000 BYTE)
VARIABLE1	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE2	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE3	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE4	VARCHAR2 (250 BYTE)
VARIABLE5	VARCHAR2 (250 BYTE)

Рис. 2. Структура таблицы хранилища YEAR_DETAILS

4. Создание web-формы

Web-форма запуска программы заполнения хранилища создается с помощью встроенного инструмента Visual Builder, который позволяет быстро реализовать и размещать готовые интерактивные формы для пользовательского интерфейса. На форме должны присутствовать следующие составляющие:

1. Параметры запуска заполнения хранилища: PERIOD. По нему программа должна осуществить перенос данных в хранилище.

2. Кнопка «Запустить», при нажатии на которую происходит вызов программы заполнения хранилища. Кнопка должна становиться активной только после задания параметра: PERIOD.

3. Блок для вывода журнала с сопутствующей информацией:

– после нажатия пользователем кнопки «Запустить» в журнале выводится информация о состоянии запуска заполнения хранилища.

– в случае, если нажатие кнопки «Запустить» происходит в момент, когда уже выполняется запуск программы заполнения хранилища, в журнал выводится информация, что в данный момент уже выполняется запуск программы с его уникальным идентификатором, а также с датой и временем запуска.

Внешний вид формы представлен на рис. 3.

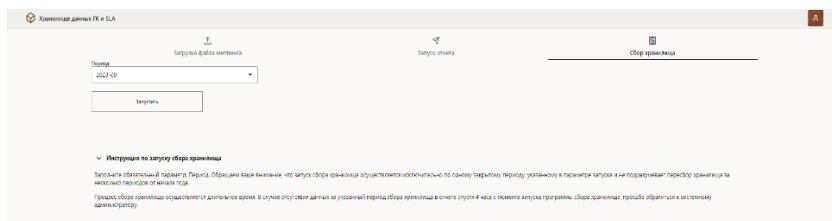


Рис. 3. Форма запуска программы заполнения хранилища

Заключение

В ходе работы была реализована программа заполнения хранилища на базе Oracle Cloud. Решение включает в себя создание таблиц в Oracle PaaS ERP для хранения данных, разработку интеграций на платформе Oracle Integration Cloud и создание интерактивной web-формы при помощи инструмента Visual Builder. Программа заполнения хранилища даст пользователям использовать более детализированный отчет по аудиту, который будет показывать движения по всем счетам, а также расшифровывать данные в разрезе дополнительных аналитик, что значительно упростит работу рассмотрения финансового положения предприятия.

Список литературы

1. Oracle [Электронный ресурс] : официальный сайт – Режим доступа: <https://www.oracle.com>.

2. Provisioning and Administering Oracle Integration Generation [Электронный ресурс]: официальный сайт – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/integration-cloud/oracle-integration-oci/overview.html>

3. Known Issues for Oracle Integration [Электронный ресурс]:
официальный сайт – Режим доступа:
<https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/integrationcloud/known-issues>

4. IaaS и PaaS: в чем разница? [Электронный ресурс]:
официальный сайт – Режим доступа:
<https://www.oracle.com/cis/cloud/what-is-iaas/iaas-vs-paas/>

5. Решения для хранения данных Oracle [Электронный ресурс]:
официальный сайт. – Режим доступа: <https://www.oracle.com/cis/storage/>

6. Oracle Analytics Publisher [Электронный ресурс]:
официальный сайт. – Режим доступа:
<https://www.oracle.com/nl/middleware/technologies/analyticspublisher.html>

Разработка системы управления мобильным роботом на базе всенаправленных колес

А. О. Олейников, email: a_o_oleynikov@mail.ru

А. М. Максименко, email: maximenko.arti1@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

***Аннотация.** Разработана мобильная роботизированная платформа с использованием колес Mecanum обеспечивающих повышенную манёвренность в ограниченном пространстве и web-приложения в качестве аппаратуры управления.*

***Ключевые слова:** Мобильная платформа, WebSocket, колесо Mecanum.*

Введение

Одна из тенденции развития робототехнических комплексов — это разработка мобильных беспилотных платформ. Управление подобными системами может осуществляться как в ручном режиме, с помощью радиоаппаратуры, так и автономно, по предварительно заложенной программе или в соответствии с обстановкой в реальном времени. Сферы применения роботов постоянно расширяются, а следовательно, возрастают требования, предъявляемые к мобильности. Привычный дифференциальный привод имеет серьезный недостаток в виде малой манёвренности в ограниченном пространстве. Одним из решений данной проблемы является использование всенаправленных колес [1], что позволяет выполнять задачи в узких местах с различными препятствиями. Роботы с подобной конструкцией используются в гражданской промышленности, в военной и медицинской сферах.

Основной задачей работы является создание программного обеспечения мобильной платформы, предназначенной для отработки:

1. алгоритмов управления движением;
2. автономной посадки беспилотного летающего средства с использованием камеры на борту;
3. управления группой роботов.

Структура мобильной роботизированной платформы

В ходе проектирования роботизированной платформы сформирована схема:

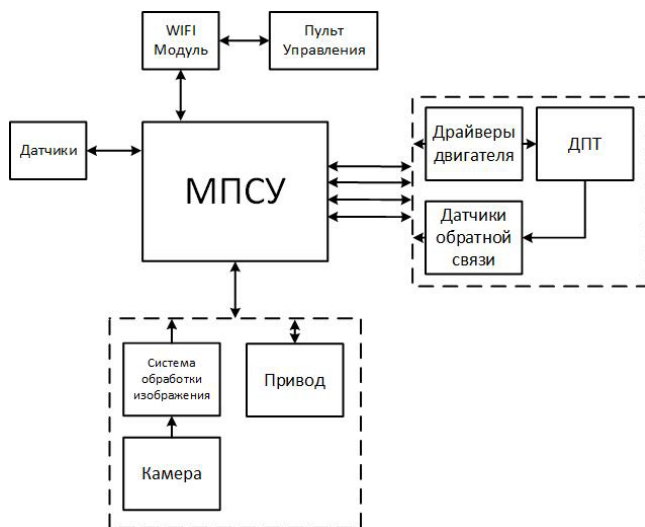


Рис. 1. Функциональная схема

Управление робота реализуется с помощью платы Wemos D1 mini, базируемой на 32-разрядном микроконтроллере ESP8266. Имеется WiFi модуль, используемый для создания локальной сети. При подключении смартфона и переходе по заданному адресу, открывается веб-страница, с помощью которой происходит управление платформой. Это увеличивает удобство эксплуатации и открывает возможность модернизации за счет возможности быстрого изменения интерфейса и функционала при необходимости, что нельзя сказать для аппаратуры управления, реализованной физически.

Для связи в сети между мобильным роботом и веб-страницей, используемой как пульт управления, применяется протокол WebSocket [2-3], который позволяет реализовать двухстороннюю связь между клиентом и сервером в режиме реального времени. Использование WebSocket даёт возможность установить соединение между клиентом и сервером, и сохранять его пока это необходимо. Это позволяет пользователям получать или отправлять информацию сразу же, без необходимости периодического опроса источника информации. Реализация осуществляется за счет асинхронных запросов с клиента на сервер и с сервера на клиент, что снижает нагрузку на сервер и ускоряет передачу данных. Веб-сокеты поддерживаются большинством браузеров без использования сторонних плагинов и приложений, что позволяет

реализовать управление без значительных изменений и дополнительных программных ресурсов.

Взаимодействие клиента с сервером приложения веб-сокет проходит в несколько этапов:

1. Установка соединения или рукопожатие (handshake);
2. Создание обработчиков событий;
3. Отправка сообщений (фреймов) на сервер.

Нужно учитывать, что кратковременное отсутствие связи не прерывает соединение, что может стать значительным минусом при управлении робототехническим комплексом. Исчезновение соединения происходит без какого-либо оповещения. Это требует внесения дополнительных мер безопасности и внедрения механизмов проверки подключения между клиентом и сервером.

При нажатии кнопки на интерфейсе данные по сети передаются на контроллер. Алгоритм обрабатывает данные и формирует сигналы управления, которые подаются на модули питания двигателей. Основная микросхема L298N, состоящая из двух H-мостов, используется для изменения направления вращения двигателем путем переключения попарно транзисторов. Скорость вращения регулируется частотой генерируемого ШИМ-сигнала в зависимости от значения слайдера на интерфейсе пульта управления. Питание всей системы происходит от аккумулятора 12В. На драйвере установлен преобразователь до стабильных 5 В, от которых идет питание логической части схемы. Привод платформы состоит из двигателей постоянного тока JGA25 и колес Mecanum.

Колеса Mecanum [4-5] разработаны в Швеции в 1972 году Бенгтом Илоном, инженером шведской компании «Mecanum AB». Мобильная платформа, реализованная с таким типом привода, обладает возможностью всенаправленного движения. Конструкция выполнена в виде центрального колеса с роликами, размещенными под произвольным углом вокруг периферии колеса. Периферийные ролики преобразуют часть силы, направленной по ходу вращения колеса, в силу, перпендикулярную направлению колеса. Конструкция колёс позволяет вращаться на месте при минимальной силе трения и низком крутящем моменте двигателей.

Каждое колесо Mecanum имеет 3 степени свободы движения: вращение колеса вокруг своей оси, вращение ролика под действие силы трения, а также проскальзывание вокруг точки контакта колеса с землей.

При такой конструкции вектор скорости может быть разделен на составляющие в активном и в пассивном направлении. Активный компонент направлен вдоль оси ролика, соприкасающегося с землей, а

пассивный перпендикулярно оси ролика. Направление тягового усилия будет определяться движением поверхности контакта.

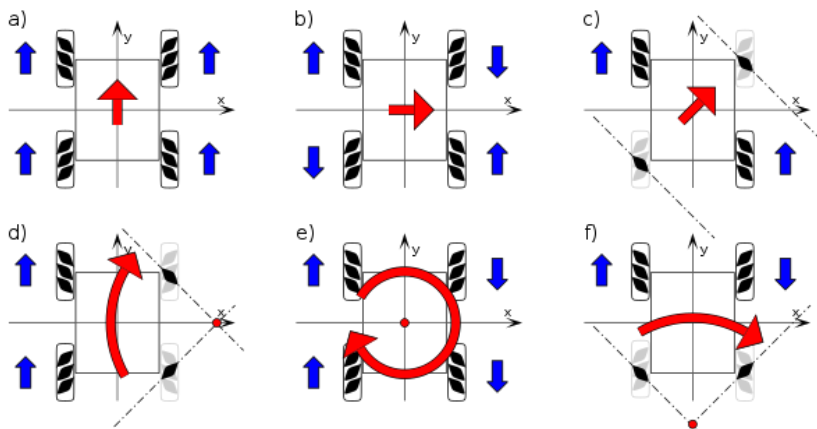


Рис. 2. Схема управления робота с колёсами Mecanum

Колеса Mecanum обычно используются в виде группы из четырех колес – двух левых и двух правых, расположенных крест на крест. В зависимости от направления и скорости каждого отдельного колеса, результирующая комбинация всех этих сил создает вектор полной силы в любом желаемом направлении, что позволяет платформе свободно перемещаться в направлении результирующего вектора силы без изменения направления вращения колеса. Это позволяет добиться необходимой маневренности в условиях ограниченного пространства.

Данный привод обладает хорошей грузоподъемностью и относительно плавным движением. Для такой системы достаточно просто реализовать систему управления движением.

Заключение

В ходе работы спроектирована мобильная роботизированная платформа, отвечающая требованиям маневренности, разработано программное обеспечение позволяющее организовать управление по локальной сети с использованием протокола связи WebSocket.

Это дает возможность использовать робота для отработки группового управления за счет асинхронного соединения между клиентом и сервером, а также быстрой передачи данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по теме FEWG-2022-0003.

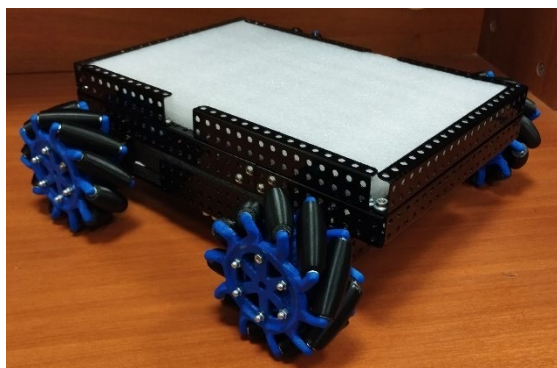


Рис. 3. Мобильная платформа

Список литературы

1. Всенаправленные мобильные роботы / Ли Чжочэн [и др.] // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. – №5-2. – С. 32-36.
2. Прокин, А.А. Использование веб-сокетов в Интернет приложениях / А.А. Прокин, А.А. Рuzманов // E-Scio. – 2019. – №4 (31). – С. 494-498.
3. Шестаков, В.С. Применение технологии websocket в web-приложениях технологического назначения / В.С. Шестаков, А.С. Сагидуллин // Приборостроение. – 2015. – №4. – С. 328-330.
4. Колесо Мекана как платформа для удаленного исследования / М.К. Аманжол [и др.] // Теория и практика современной науки. – 2020. – №5 (59). – С. 517-520.
5. Ван Юй Исследование навигационной системы на базе колесного мобильного робота Mecanum / Ван Юй // StudNet. – 2022. – №3. С 1850-1871.

О перспективах применения интеллектуальных транспортных систем для управления работой флота

А. С. Прокопенко, email: a.prokopenko@internet.ru

Волжский государственный университет водного транспорта

***Аннотация.** В статье представлен обзор некоторых аспектов текущего состояния и перспектив в области применения data-driven интеллектуальных моделей управления речным транспортом. Предложено использовать имитационное моделирование как необходимый элемент интеллектуальной транспортной системы.*

***Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы, имитационное моделирование, речной транспорт.*

Введение

Одним из наиболее заметных современных процессов, создающих новые перспективы оптимизации управления, является процесс цифровизации. Применительно к управлению работой флота процесс цифровизации привёл к появлению концепции интеллектуальных транспортных систем.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) – это технические системы, которые поддерживаются большим объемом данных, собранных из различных ресурсов, что позволяет пользователям интерактивно использовать данные, необходимые для принятия решения, а также автоматизировать сам процесс принятия решений.

Информационные технологии нового поколения, такие как облачные вычисления, большие данные и Интернет вещей в сфере водного транспорта могут привести к интеллектуализации судов, водных магистралей, гидроузлов и портовой инфраструктуры.

Проблема, которая определяет задачу данной, сводится к вопросу о том, в какой степени ИТС могут способствовать решению более узкой задачи оптимизации процесса принятия решений в сфере управления работой флота.

Данная задача стояла перед водным транспортом всегда. Для морских перевозок эта задача усложняется изменчивостью погодных условий и большим выбором пунктов отправок и назначений. Для речных и смешанных перевозок оптимизация усложняется несогласованностью движения судов в шлюзах и пунктах погрузки-выгрузки, а также сезонностью.

Для решения поставленной задачи целесообразно рассмотреть существующие решения в сфере ИТС.

1. Состояние и перспективы использования интеллектуальных транспортных систем на водном транспорте

Интеллектуальные транспортные системы – это передовая технология для обеспечения перевозок за счет использования современных технологий передачи данных посредством интеграции средств связи, компьютеров, информационных и других технологий и применения их в транспортной отрасли.

Понятие ИТС уже давно получило определение в нормативных документах. В частности, имеется определение в директиве Европейского парламента 2010/40/EU от 7 июля 2010 года, а также в ГОСТ Р 56829-2015. [1-2] Судя по тексту этих документов, данные определения формулировались применительно к автомобильному транспорту, что обусловлено известными проблемами автомобильных перевозок.

Реальные проблемы отечественного водного транспорта, а в особенности в сфере речных и смешанных перевозок иные и, если ограничиться сферой управления, они сводятся к обеспечению конкурентоспособности с железнодорожным и автомобильным транспортом. Если морские перевозки в значительной степени не имеют альтернативы, то речные и смешанные перевозки оказываются перед необходимостью отстаивать своё существование в собственной экономической нише.

Это обстоятельство является основанием для поиска путей оптимизации работы флота, причём одним из путей может стать оптимизация управления работой флота на основе применения «интеллектуальных» технологий.

Как описано в статье [3], ожидается, что с развитием науки и технологий в большинстве стран будет внедрено новое поколение интеллектуальных грузовых судов.

Ошибочно полагать, что интеллектуализация управления непременно связана с технологиями «искусственного интеллекта». Базисом интеллектуализации является обеспечиваемая современным состоянием ИТ доступность данных, возможность их получения в любое время и в разных срезах, что всегда было с начала 70-х годов препятствием для внедрения классических методов «исследования операций», которые были и остаются средством «интеллектуализации» принятия решений.

Именно возможностью обеспечения данными характеризуется современное значение ИТС [4].

Как можно видеть из различной литературы, интеллектуализация водного транспорта открывает возможности по оптимизации использования топлива и энергетических ресурсов, эффективному использованию судов для перевозки пассажиров и грузов, более точного прогнозирования погоды и осуществлению эффективной погодной маршрутизации. Повышение степени интеллектуализации систем водного транспорта, использование интеллектуальных датчиков и глобальных беспроводных высокоскоростных сетей передачи данных между судном и берегом будет способствовать использованию систем дистанционного управления, а также поддержанию полностью или частично автономной работы судов.

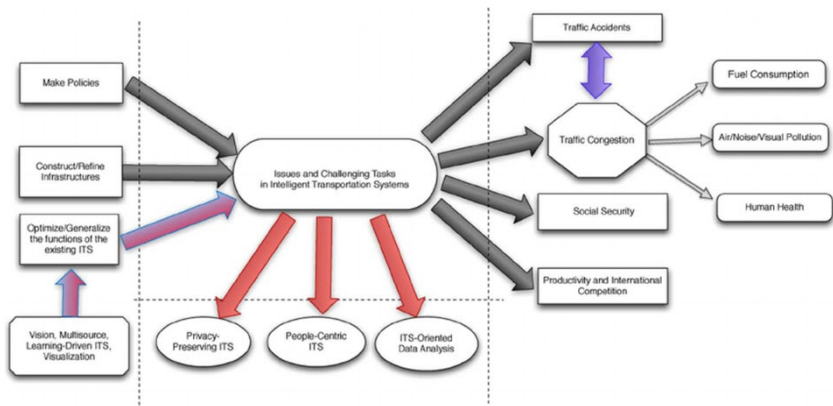


Рис. 1. Схема интеллектуальной транспортной системы [4]

На рис. 1 представлена схема интеллектуальной транспортной системы [4]. В правой части показаны некоторые практические проблемы ИТС. Несколько новых направлений указаны внизу под нижней горизонтальной пунктирной линией. Слева представлены некоторые потенциальные стратегии решения проблем и сложных задач в ИТС. Каждая стрелка отражает направление, в котором модуль будет влиять на другой модуль. Например, двунаправленная стрелка означает, что между двумя модулями существует интерактивное влияние.

В ИТС, ориентированной на задачи управления работой флота, могут использоваться разные модели.

Во-первых, это гидродинамические модели движения водных масс. Они актуальны для описания процессов шлюзования, для вычисления величин течений в руслах, для описания воздействия на движение судов стеснённости водного пути в каналах и на мелководье.

Во-вторых, гидро- и термодинамические модели движения судов. Эти модели нужны для определения скорости и соответствующего расхода топлива главными двигателями – для решения классической задачи нормирования времени следования и расхода топлива. Можно заметить, что доля затрат на топливо составляет в некоторых случаях более половины всех прямых затрат по судну.

В-третьих, модели для описания пространственного представления речных систем. Эти модели традиционно применяются в ГИС. Задачи ГИС для водного транспорта обладают спецификой, которая пока почти не учитывается в реальной практике. Здесь речь может идти об описании профиля русла, положения фарватера, описании гидроузлов.

В-четвёртых, модели для описания поведения речной и морской инфраструктуры. В первую очередь, это модели шлюзования и грузовых работ.

В-пятых, имитационные модели работы флота. Такие модели нужны для учёта взаимодействия между разными элементами транспортной системы.

Перечисленные модели разрабатывались ранее для разных целей, в основном исследовательских, но теперь эти модели могут быть интегрированы в единую информационную систему, что становится возможным именно сегодня из-за технологий «больших данных».

Современные средства моделирования дополняются также нейросетевыми моделями. Применение моделей на основе машинного обучения может решать проблему стохастичности транспортного процесса. Существующие примеры применения нейросетей, например, для прогнозирования расхода топлива, демонстрируют неплохие результаты. [5-7]

Сочетание перечисленных моделей может обеспечить комплексный подход к управлению речным транспортом на основе данных.

Из обзора [8] следует, что моделирование на основе данных и интеллектуальные технологии в целом доказали свою эффективность и применимость к различным проблемам управления водным транспортом: моделирование движения, краткосрочное прогнозирование, классификация данных, оптимизация водохранилищ, построение карт наводнений на основе аэрофотоснимков или спутниковые фотографии и т. д. Модели, основанные на данных, будут полезны при решении практических задач или моделировании конкретной системы или процесса, если имеется значительное количество данных, описывающих эту проблему, и не произошло существенных изменений моделируемой системы в течение периода, охватываемого моделью.

Предусматривается, что интеллектуальный и автономный водный транспорт будет взаимодействовать не только с водным пространством, но и с другими водными транспортными средствами и интеллектуальными портами. Интеллектуализация и роботизация водного транспорта предусматривает всестороннее обеспечение мониторинга состояния судов и внешней среды в режиме реального времени, осуществление управления судном в дистанционном или автономном режимах. Надежные беспроводные сети передачи данных, системы управления данными (датчиками), информацией и знаниями приобретают важное значение для надежной и качественной эксплуатации судна. Кроме того, многие новые системы водного транспорта требуют обеспечения надежной информационно-сетевой защиты [9].

Исследования университета ГМУ им. адмирала Ушакова в Новосибирске представили технологию использования ИИ. Ученые предлагают автоматизировать процесс прибытия грузового корабля в порт с помощью интеллектуальной технологии двух опорных точек: на базе грузового терминала установлены специальные датчики и с помощью разработанных учеными алгоритмов собирают навигацию данных. Система также постоянно анализирует метеорологические условия, получая сигналы от системы гидрометеорологического мониторинга. Автопилот разработан для морских и речных судов. Система призвана полностью автоматизировать управление грузовым судном в порту. Данным решением могут быть оснащены беспилотные суда и классические крупные суда водного транспорта [10].

2. Имитационное моделирование как необходимый элемент интеллектуальной транспортной системы

Как уже говорилось выше, имитационные модели требуются для описания взаимодействия между элементами транспортного процесса. По существу, это означает, что именно машинная имитация должна быть ядром любой ИТС, так как именно взаимодействие элементов определяет свойства любой системы.

Необходимость имитационного моделирования для описания поведения транспортной системы диктуется сложностью последней. Такая необходимость была осознана давно, но препятствием на пути реализации имитационных моделей были, во-первых, невозможность получения актуальных данных и, во-вторых, невозможность настройки имитационной модели на условия транспортного процесса без перепрограммирования этой модели. Развитие ИТ сняло оба ограничения.

В частности, использование технологии объектно-ориентированного моделирования позволяет расширить границы применимости и повторного использования уже созданных и подтвердивших свою работоспособность моделей. В работе [11] дается описание универсальной имитационной модели грузовых перевозок на речном транспорте.

Стремление к универсальности воплотилось в ряде концепций, реализованных в виде таких систем, как GPSS, VISSIM, Transmodeler, SIDRA Intersection, AnyLogic которые предоставляют богатый набор возможностей, но часто являются неоправданно сложными или позволяют моделировать только отдельные типы объектов транспортной инфраструктуры. [12]

В статье [13] подробно рассмотрены методы сбора данных и возможная архитектура подсистемы сбора и обработки данных в составе информационной системы управления работой флота. В составе такой подсистемы предусматривается модуль с сервером для автоматического (полуавтоматического) сбора данных. Техническая его реализация будет зависеть от метода получения данных. Если ориентироваться на сбор данных со станций GSM или на сбор данных о траекториях транспортных средств, полученная с GPS-устройства, то сервер будет работать через SMS-модем. В полуавтоматическом режиме можно использовать программу для смартфона (например, GPStoSMS для ОС Android), которая будет передавать координаты по SMS. Полностью автоматический режим требует создания специального программного обеспечения для вычисления географических координат через триангуляцию по базовым станциям, который посылает упомянутые запросы серверу и с помощью программного интерфейса Яндекс.

Заключение

Одной из возможностей развития водного транспорта в современных условиях является применение новейших методов обработки, передачи и хранения данных, которые в последнее время стали называть интеллектуальными.

Необходимым условием такого применения является использование современных средств сбора данных, обеспечивающих наличие необходимых, но необязательно «больших» данных.

Другим необходимым условием является использование имитационных моделей, достаточных для описания требуемых характеристик транспортного процесса.

На основе двух вышеупомянутых условий возможно развитие ИТС, встроенной в управленческий процесс работы флота.

Список литературы

1. Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport Text with EEA relevance [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32010L0040>
2. ГОСТ Р 56829–2015. Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения [Текст]. – М. : Стандартинформ, 2016.
3. Review and prospect for intelligent cargo ships[J] / YAN X P, WANG S W, MA F. // Chinese Journal of Ship Research. – 2021. – V.16, Issue 1. – P. 1-6.
4. Data-Driven Intelligent Transportation Systems: A Survey / Junping Zhang [and others] // IEEE Transactions on intelligent transportation systems. – 2007. – V.12, Issue 4. – P. 1624-1639.
5. Ahlgren, F. Predicting Dynamic Fuel Oil Consumption on Ships with Automated Machine Learning / F Ahlgren, ME Mondejar, M Thern.// Energy Procedia – 2019. – V.158. – P. 6126-6131.
6. Prediction of ship fuel consumption by using an artificial neural network / Miyeon Jeon [and others] // Journal of Mechanical Science and Technology – 2018. – V.32. – P. 5785-5796.
7. A Comparative Study to Estimate Fuel Consumption: A Simplified Physical Approach against a Data-Driven Model / Alessandro La Ferlita [and others] // Journal of Marine Science and Engineering. – 2023. – V.11, Issue 4. – P. 850-865.
8. Developments and Prospects of Intelligent Water Transport:A Review of the Symposium on Intelligent Water Transport, in Conjunction with the 10th Annual Meeting of China ITS[J]. / JIANG Zhonglian, CHU Xiumin, YAN Xinping // Journal of Transport Information and Safety. – 2015. – P. 1-8.
9. Малыгин, И. Г. Водный транспорт в период четвертой индустриальной революции (Industry 4.0) / И. Г. Малыгин, В. И. Комашинский, Ю. Е. Крылов // Перспективные направления развития отечественных информационных технологий : материалы V межрегиональной научно-практической конференции, Севастополь,– 2019. – С. 19-31.
10. Сидюков М. Е. Процесс интеллектуализации водного транспорта / М.Е. Сидюков // Актуальные исследования. – 2021. – №30 (57). – С. 25-27.
11. Плягов, А. Ю. О построении универсальной имитационной модели грузовых перевозок на речном транспорте / Плягов А.Ю.,

Платов Ю. И. // Экономика и управление на транспорте / Вестник ВГАВТ – Н. Новгород, 2004 - Вып. 11 . – С. 91-93.

12. Малыханов, А.А. Среда имитационного моделирования транспортных систем / А. А. Малыханов, К. В. Кумунжиев, В. Е. Черненко // Материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию ИММОД 2009, – Санкт-Петербург, 2009. – С. 285-288.

13. Гусева, Ю. В. Методы сбора дислокации для информационной системы управления работой флота / Ю. В. Гусева, А. Ю. Платов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2016. – № 49. – С. 231-236.

Информатика: проблемы, методы, технологии

Д. А. Селюкова, email: daria.selyukova@bk.ru

Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет
(СПбГЭУ)

***Аннотация.** На основе теоретических и практических знаний рассмотрены основные вопросы, связанные с информатикой.*

***Ключевые слова:** информатика, информация, технология.*

Введение

Информатика играет ключевую роль в современном мире. Достижения информатики находят применение во всех областях нашей жизни. Как и любая другая отрасль, информатика имеет собственные методы изучения того или иного явления, свойства, предмета и иных объектов изучения. Имеет свои технологии и вытекающие проблемы.

Существование информатики немыслимо без ее основного ресурса – информации. Само понятие имеет латинское происхождение, которое в переводе означает разъяснение, изложение.

В широком смысле информация — это сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые уменьшают имеющуюся о них степень неопределенности (неполноты знаний).

Применительно к компьютерной обработке данных под информацией понимают некоторую последовательность символических обозначений (букв, цифр, закодированных графических образов и звуков и т. п.), несущую смысловую нагрузку и представленную в понятном компьютеру виде. Каждый новый символ в такой последовательности символов увеличивает информационный объем сообщения.

В процессе поиска, восприятия и усвоения информации человек осуществляет над ней некоторые действия – преобразования. Эти преобразования могут носить формальный характер (смена носителя информации, форматирование текста, тиражирование документа), либо касаться содержания информационного сообщения (перевод с иностранного языка, конспектирование лекции, редактирование текста, подготовка резюме, составление реферата).

С каждым годом роль информации и информатики становится все более значимой для нашего общества. Информация является своего рода валютой. Информация содержится во всем. Человек, владеющий

информацией, может использовать ее в различных целях: для своего развития, развития собственного бизнеса, для научных исследований, культурных достижений и много другого.

1. Понятие и методы информатики

В силу своей широкой распространенности информатику необходимо рассматривать с разных сфер жизни общества. В первую очередь, информатика как наука – это наука, занимающаяся изучением форм и методов сбора, передачи, хранения, накопления и обработки информации.

С другой стороны, информатика — это область деятельности, связанная с процессами преобразования информации с помощью компьютерной техники во всех сферах человеческой деятельности.

Если углубиться, то информатику можно рассматривать как прикладную дисциплину. В этом понимании информатика создает информационные модели в различных областях человеческой деятельности и разрабатывает современные информационные технологии для всех сфер жизни.

Таким образом, информатика находит свое применения во всех сферах жизни общества. Данная отрасль не только участвует и применяется в различных сферах жизни общества, но и решает, как примитивные, так и глобальные проблемы.

В информатике применяются методы и процедуры как свойственные другим отраслям науки, так и производные самой наукой информатики. Наиболее популярными из них являются:

- Анализ;
- Синтез;
- Индукция;
- Дедукция;
- Абстрагирование;
- Конкретизация;
- Актуализация;
- Визуализация;
- Структурирование;
- Моделирование;
- Макетирование;
- Алгоритмизация;
- Вычислительный эксперимент;
- Программное управление.

Собственным методом информатики является программирование. Другим, довольно перспективным, методом является такой

сравнительно новый и специфический метод информатики, как виртуальная реальность.

Использование методов информатики позволяет изучать природу, человека, общество, а также получать новые знания о них. Стоит отметить, что при изучении данных объектов посредством использования методов информатики, у общества развивается как новое научное мировоззрение, так и новая информационная культура общества в целом.

2. Технологии

Современные технологии в сфере информатики, равно как и сама информатика, охватывают если не все, то большинство сфер жизни общества.

Рассматриваемые технологии представляют собой совокупность методов и программно-технических средств, обеспечивающая сбор, обработку, хранение, распределение и отображение данных для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления.

Также, они охватывают программное обеспечение, аппаратные средства, сетевые технологии, исследования в области искусственного интеллекта и многие другие аспекты.

Сейчас технологии информатики стали неотъемлемой частью нашей жизни и вносят существенные изменения в различные сферы. Например, в данный момент идет активное внедрение информационных технологий в такую сферу, как здравоохранение. В медицине они содействуют диагностике, лечению и исследованиям пациентов. В сфере бизнеса технологии оптимизируют процессы, например процесс управления.

Актуальными направлениями развития технологий в сфере информатики на данный момент являются:

Искусственный интеллект - ИИ использует алгоритмы, которые позволяют компьютеру обрабатывать большие объёмы данных и находить в них закономерности. На основе этих закономерностей он может делать выводы, предсказывать события или принимать решения;

Кибербезопасность – защита информации от кибератак, а также разработка средств предотвращения и реагирования на угрозы.

3. Проблемы

Несмотря на полезность и необходимость продукты информатики имеют свои проблемы. Такие, как:

- кибербезопасность;
- человеческий фактор;

- этические проблемы;
- технические проблемы.

Самой насущной проблемой является кибербезопасность. С развитием и использованием компьютерных сетей и систем возникают кибератаки – нарушается безопасность данных. Наиболее распространенным последствием данных атак является кража личных данных. Это создает угрозу для конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Следующая проблема связана с человеческим фактором – проблема, которая есть в каждой сфере жизни общества. Проблема связана с неправильным использованием программного обеспечения, недостаточной подготовкой пользователей, неправильным вводом данных. Все это может привести к неправильным результатам и потере данных.

Следующими, не менее важными, являются проблемы, связанные с этическими вопросами. Сбор, хранение и использование личных данных пользователя без их согласия – наиболее яркий пример этической проблемы.

Наконец, в практике существуют технические проблемы. Как правило, они связаны со сбоями программного обеспечения, неисправностями или поломками оборудования и иными факторами.

Полностью предотвратить проблемы в данной сфере невозможно. Можно снизить количество данных проблем и ошибок, что, несомненно, приведет к новым открытиям, улучшению и оптимизации многих процессов в нашей жизни.

Заключение

Информатика как дисциплина занимает важное место в общетеоретической подготовке в первую очередь учащихся и студентов, которые будут использовать свои знания в дальнейшей практике. Она закладывает прочный фундамент для приобретения специальных знаний по использованию современной информации, а также тесно взаимосвязанных с ней информационных технологий в различных отраслях их деятельности. Из полученных теоретических знаний происходит развитие новых технологий в различных областях деятельности.

Стоит отметить, что в каждой отрасли информатика приобретает свое, отличное от других отраслей, прикладное значение. Такое значение основывается на использовании особенностей информационных процессов и свойств информации конкретной области применения.

На данный момент необходимо продолжать развитие данной отрасли, а точнее отраслей в нее входящих. Важно обратить внимание на имеющиеся технологические, этические, социальные, технические, а также связанные с безопасностью проблемы.

Комплексное развитие информатики, основанное на балансе новых технологий и безопасности, смогут привести к улучшению качества жизни, новым возможностям для профессионального и персонального развития, сокращению времени выполнения многих задач и работ, увеличению эффективности обучения и научных работ.

Список литературы

1. Громов Ю.Ю., Дидрих И.В., Иванова О.Г., Ивановский М.А., Однолько В.Г. Информационные технологии: учебник / Ю. Ю. Громов, И. В. Дидрих, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 260 с.
2. Князева Е. Я. Основы информационных технологий: учебное пособие/ Е. Я. Князева, Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2012. – 15 с.
3. Симонович С.В. Информатика. Базовый курс. 2-е издание / Под ред. С. В. Симоновича. — СПб.: Питер, 2005. – 640 с
4. Советов, Б. Я. Информационные технологии: учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 327 с.
5. Хлебников А.А. Информационные технологии: учебник / А. А. Хлебников. — М.: КНОРУС, 2016. — 466 с. — (Бакалавриат).

Сравнительный анализ СУБД Oracle и Greenplum

В. И. Скрылева, email: skrileva.vika@yandex.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

***Аннотация.** В работе рассматриваются основные характеристики, функциональные возможности и особенности работы с СУБД Oracle и Greenplum.*

***Ключевые слова:** сравнительный анализ, Oracle, Greenplum, СУБД, база данных.*

Введение

Эффективность работы с данными во многом зависит от выбора системы управления базами данных (СУБД). Для этого необходимо четко понимать, какие задачи должна будет решать система, и учесть ряд факторов, где ключевым является возможность эффективно поддерживать и обрабатывать объемные массивы данных.

СУБД Oracle [1] славится своей устойчивостью и высоким уровнем производительности, способностью удовлетворять широкий спектр экономических и технических потребностей предприятий. В то время, как Greenplum [2], успевший зарекомендовать себя на рынке, привлекает внимание своим фокусом на аналитические возможности, а также масштабируемостью.

СУБД Oracle и Greenplum предлагают различные функциональные возможности, которые могут быть решающими при выборе подходящей системы. Необходимо учитывать такие аспекты, как архитектура, масштабируемость, обработка данных, производительность, стоимость и экосистема поддержки.

1. СУБД Oracle

Oracle Database — это объектно-реляционная система управления базами данных компании Oracle. Продукт Oracle Database часто называют просто Oracle, по названию компании.

Oracle занимает первое место (рис. 1) в рейтинге DB-Engines [3], который ранжирует системы управления базами данных в соответствии с их популярностью. Рейтинг обновляется ежемесячно.

417 systems in ranking, December 2023

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Dec 2023	Nov 2023	Dec 2022			Dec 2023	Nov 2023	Dec 2022
1.	1.	1.	Oracle +	Relational, Multi-model i	1257.41	-19.62	+7.10
2.	2.	2.	MySQL +	Relational, Multi-model i	1126.64	+11.40	-72.76
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server +	Relational, Multi-model i	903.83	-7.59	-20.52
4.	4.	4.	PostgreSQL +	Relational, Multi-model i	650.90	+14.05	+32.93
5.	5.	5.	MongoDB +	Document, Multi-model i	419.15	-9.40	-50.18
6.	6.	6.	Redis +	Key-value, Multi-model i	158.35	-1.66	-24.22
7.	7.	↑ 8.	Elasticsearch	Search engine, Multi-model i	137.75	-1.87	-7.18
8.	8.	↓ 7.	IBM Db2	Relational, Multi-model i	134.60	-1.40	-12.02
9.	↑ 10.	9.	Microsoft Access	Relational	121.75	-2.74	-12.08
10.	↑ 11.	↑ 11.	Snowflake +	Relational	119.88	-1.12	+5.11

Рис. 1. Рейтинг DB-Engines

Oracle имеет клиент-серверную [4] архитектуру (рис. 2): все основные компоненты СУБД выполняются на отдельном сервере БД, и на нем же хранится БД; на клиенте находится интерфейсная (клиентская) часть СУБД и выполняется код приложения.

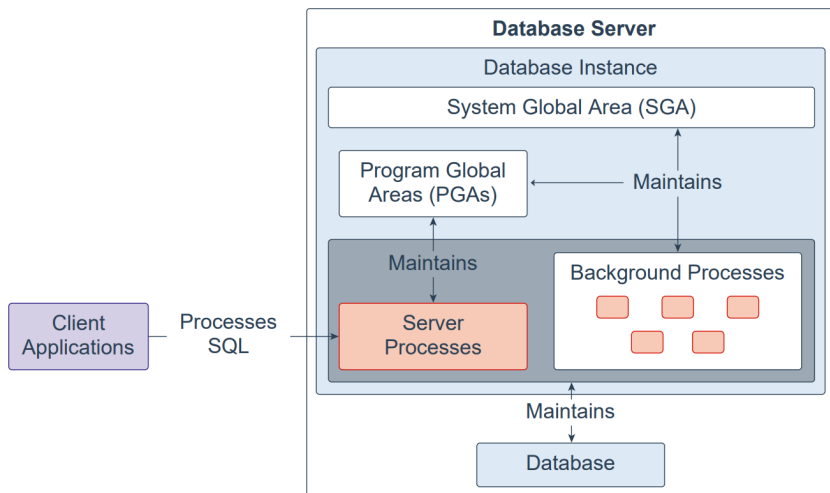


Рис. 2. Архитектура СУБД Oracle

База данных Oracle состоит по крайней мере из одного экземпляра базы данных и одной базы данных. Экземпляр [5] — это набор структур

памяти, которые управляют файлами базы данных. Экземпляр состоит из области общей памяти, называемой глобальной областью системы (SGA), и набора фоновых процессов.

При каждом подключении пользователя к экземпляру запускается клиентский процесс. Каждый клиентский процесс связан со своим собственным серверным процессом в случае выделенного сервера. PGA — это Program Global Area, то есть программная глобальная область. Серверный процесс имеет свою собственную память сеанса — PGA.

Плюсом такой архитектуры является оптимизация на стороне клиента: всю работу с базой данных осуществляет сервер, по сети передается только обработанный ответ небольшого размера. Недостатком такой архитектуры является зависимость клиентов от сервера базы данных, в случае неисправности которого, ни один клиент не сможет работать с базой данных.

2. Oracle Exadata

Oracle Exadata [6] — это корпоративная платформа баз данных, которая выполняет рабочие нагрузки СУБД Oracle Database более 500 тыс. операций ввода-вывода при чтении запросов SQL в секунду с высокой производительностью, доступностью и безопасностью.

Oracle Exadata Database использует современную масштабируемую архитектуру и является идеальной платформой для запуска Oracle Database, которая позволяет предприятиям наращивать мощности и повышать производительность по мере масштабирования рабочих нагрузок.

Все серверы баз данных и хранилища взаимосвязаны друг с другом, взаимодействуя по интеллектуальной, высокоскоростной сетевой структуре с низкой задержкой. Аппаратная архитектура Oracle Exadata Databases представлена на рис. 3.

Основой архитектуры Exadata является модульное совместное интеллектуальное хранилище. Каждый сервер хранения способен интерпретировать и обрабатывать данные независимо. Процессоры на серверах хранения не заменяют процессоры баз данных. Вместо этого они ускоряют рабочие нагрузки, требующие большого объема базы данных, аналогично тому, как видеокарты ускоряют рабочие нагрузки, требующие большого объема изображений.

3. СУБД Greenplum

Greenplum — это распределенная СУБД [7] с открытым исходным кодом, основанная на PostgreSQL [8] и предназначенная для работы с большими объемами данных.

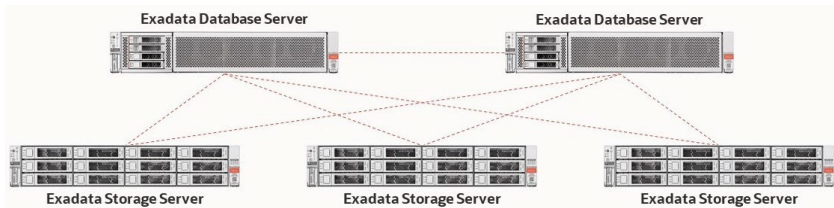


Рис. 3. Аппаратная архитектура Oracle Exadata Database

Greenplum имеет Shared Nothing MPP (Massive Parallel Processing) архитектуру (рис. 4). В такой архитектуре каждый узел — это самостоятельная единица со своим процессором, памятью и диском. В процессе загрузки данные равномерно распределяются по всем узлам, а при вычислениях все узлы работают одновременно, при этом каждый узел обрабатывает только блок информации.

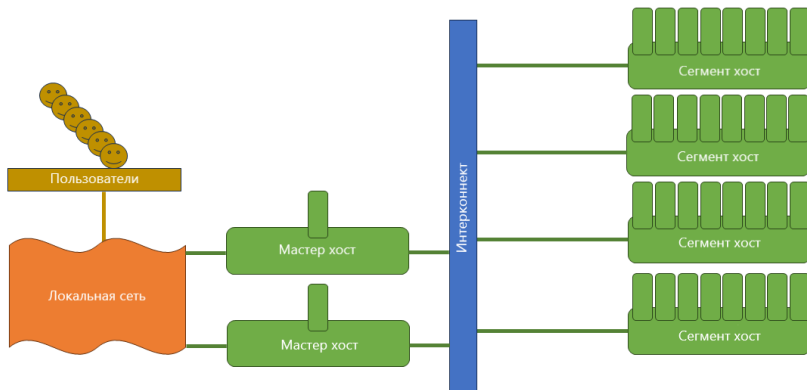


Рис. 4. Архитектура СУБД Greenplum

Благодаря мощной архитектуре параллельной обработки данных Greenplum может выполнять параллельные запросы к огромным объемам данных в десятки или сотни раз быстрее, чем традиционные базы данных.

Greenplum может работать в любом месте: публичном облаке, локальном сервере или гибридном окружении. Такой подход, независимый от инфраструктуры, позволяет развертывать одно и то же программное обеспечение Greenplum как локально, так и в мультиоблачной среде.

Greenplum осуществляет поддержку тысяч одновременных пользователей, выполняющих миллионы запросов ежедневно.

4. Сравнительный анализ

Сравнительный анализ между СУБД Greenplum и Oracle помогает в определении наиболее подходящей системы для конкретных потребностей компании.

Компании Oracle представляет решения для различных задач, поэтому для сравнения продуктов одного назначения на стороне Oracle рассмотрим Oracle Business Intelligence Suite, основой которого является настоящий BI-сервер, спроектированный с учетом высокой масштабируемости и оптимизации параллелизма, чтобы сделать приложения BI доступными для максимально широкой аудитории.

Сравнительный анализ приведен в таблице.

Таблица

Сравнительный анализ СУБД Greenplum и Oracle

Характеристики	СУБД	
	Greenplum	Oracle BI Suite
Архитектура	Shared Nothing MPP	Централизованная архитектура
Масштабируемость	Возможность горизонтального масштабирования за счет добавления новых узлов. Возможность горизонтального разделения данных, партиционирования и репликации	Возможность масштабировать аналитический процесс на основе Oracle Database (возможность горизонтального масштабирования за счет добавления новых узлов к кластеру; возможность вертикального масштабирования путем расширения индивидуальных узлов с добавлением

Характеристики	СУБД	
	Greenplum	Oracle BI Suite
	дополнительных и хранилищ данных)	вычислительных
Обработка данных	Параллельная обработка больших объемов данных с использованием распределенных вычислений на узлах кластера	Обеспечивает обработку данных для подготовки аналитических запросов и предоставления готовых аналитических данных пользователям
Производительность	Обеспечивает высокую производительность при выполнении сложных аналитических запросов и при работе с большими объемами данных	Подчеркивает производительность через доступные решения Oracle Database, позволяя эффективно работать с данными для предоставления аналитической информации
Стоимость	Бесплатная программа с открытым исходным кодом	Коммерческий продукт, требующий лицензирования
Документация	На английском языке	На английском языке

Одной из основных разниц между Greenplum и Oracle является их подход к обработке данных. Greenplum — это платформа массовой параллельной обработки (MPP), которая хранит и обрабатывает данные в распределенной среде. Она обеспечивает высокую производительность и масштабируемость, что делает ее идеальной для крупномасштабного анализа данных. Oracle Business Intelligence Suite использует централизованную архитектуру базы данных, что делает его более подходящим для небольших организаций с менее сложными требованиями к данным.

Важным аспектом является также масштабируемость. Greenplum предлагает горизонтальное масштабирование, позволяя добавлять новые узлы для увеличения производительности и обработки больших объемов данных. Oracle также предлагает масштабируемость, но может потребоваться больше усилий для горизонтального масштабирования.

Greenplum обычно считается более производительной базой данных для аналитических запросов и обработки больших объемов данных, благодаря своей архитектуре с распределенным хранением данных. Oracle BI же обеспечивает хорошую производительность благодаря своим инструментам для анализа данных.

С точки зрения стоимости у Greenplum есть преимущество, так как это бесплатная система с открытым исходным кодом. Oracle же является коммерческим продуктом, требующим лицензирования.

Сравнительный анализ Greenplum и Oracle показывает, что обе платформы предлагают мощные инструменты для обработки данных и аналитики, каждая со своими уникальными особенностями. Greenplum чаще используется для обработки и анализа больших объемов данных, в то время как Oracle Business Intelligence Suite прежде всего ориентирована на обеспечение аналитических решений на базе данных Oracle. Выбор между ними зависит от специфических потребностей организации и особенностей проекта.

Заключение

Сравнительный анализ СУБД Greenplum и Oracle по таким параметрам, как масштабируемость, производительность, стоимость позволил выявить преимущества каждой из платформ. Каждая из систем подходит для различных отраслей и приложений, выбор СУБД зависит от конкретного проекта, его потребностей и бизнес-целей.

Оба решения предлагают хорошие возможности для работы с большими объемами данных, но они имеют разные подходы к масштабированию и обработке данных. Greenplum лучше подходит для горизонтального масштабирования и обработки данных в режиме реального времени, в то время как Oracle больше подходит для вертикального масштабирования и анализа данных. Также стоит отметить, что Greenplum набирает популярность и является хорошей альтернативой недоступных в настоящее время систем.

Список литературы

1. Oracle [Электронный ресурс] : официальный сайт – Режим доступа: <https://www.oracle.com>.
2. Greenplum [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <https://greenplum.org>

3. DB-Engines Ranking [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: <https://db-engines.com/en/ranking>
4. Кузнецов С. Д. Базы данных : учебное пособие / С. Д. Кузнецов, ВМК МГУ. – 255с.
5. Introduction to Oracle Database [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://docs.oracle.com/cd/E11882_01/server.112/e40540/intro.htm#CNCPT001
6. Exadata — платформа базы данных | Oracle СНГ [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <https://www.oracle.com/cis/engineered-systems/exadata/>
7. Ёсу М. Т., Вальдуриес П. Принципы организации распределенных баз данных / А. А. Слинкина. – пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 672 с.
8. PostgreSQL [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: <https://www.postgresql.org>

Исследование информационно-аналитических систем для оценки инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости.

Н. С. Толбухин, e-mail: Nikitaneva13@yandex.ru
Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет
(СПБГЭУ)

***Аннотация.** Рассмотрены информационно-аналитических систем для оценки инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости, представленный на рынке Российской Федерации.*

***Ключевые слова:** Оценка инвестиционной привлекательности, информационная система, коммерческая недвижимость.*

Введение

В современном бизнесе инвестирование в коммерческую недвижимость играет важную роль в портфеле инвестиций. Это связано с тем, что коммерческая недвижимость обладает высокой доходностью и стабильностью в долгосрочной перспективе. Однако, принятие решения об инвестировании в недвижимость требует тщательного анализа.

Именно в этом контексте исследование информационно-аналитических систем оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости становится актуальным. Существует множество ИТ-решений, разработанных специально для проведения глубокого анализа коммерческой недвижимости, чтобы оценить ее доходность, риски и потенциал для инвестирования.

Цель данной статьи заключается в рассмотрении информационно-аналитических системы для оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости, их особенностей, а также в проведении сравнительного анализа их функционала.

Таким образом, данная статья позволит читателям получить более глубокое понимание современных информационно-аналитических систем оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости и выявить их преимущества и недостатки.

1. Критерии инвестиционной привлекательности объекта коммерческой недвижимости

В первую очередь стоит выделить основные критерии, по которым оценивается инвестиционная привлекательность объекта коммерческой

недвижимости, это позволит правильнее выявить полюсы и минусы различных информационно-аналитических систем, которые будут рассмотрены далее.

Критерии инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости определяют, насколько выгодно вкладывать деньги в конкретный объект недвижимости. Они бывают финансовыми и нефинансовыми.

Финансовые критерии отражают доходность и риски инвестиций в недвижимость. К ним относятся:

– Нетто-приведенная стоимость (NPV) — это разница между суммой инвестиций и текущей стоимостью будущих денежных потоков от инвестиций в недвижимость. Инвестиции выгодны, если NPV положительна, а если отрицательна, то невыгодны.

– Внутренняя норма доходности (IRR) — это ставка дисконтирования, при которой чистая прибыльность равна нулю. Инвестиционная привлекательность недвижимости увеличивается с IRR. Минимально допустимая норма доходности (MARR), которая учитывает альтернативные варианты вложений средств и стоимость капитала, обычно сравнивается с IRR.

– Индекс доходности (PI) представляет собой отношение текущей стоимости будущих денежных потоков от инвестиций в недвижимость к общей сумме инвестированных средств. Инвестиции выгодны, если PI больше единицы, а если меньше, то невыгодны.

– Срок окупаемости (PP) — это время, необходимое для того, чтобы будущие денежные потоки от инвестиций в недвижимость равнялись сумме инвестиций. Инвестиционная привлекательность недвижимости увеличивается с длиной PP.

– Нефинансовые критерии отражают качественные и количественные характеристики недвижимости и ее окружения. К ним относятся:

– Общая характеристика недвижимости - ее физические и функциональные характеристики, возраст, состояние, планировка, оборудование, дизайн, правовой статус и т.д.

– Прилегающая территория и инфраструктура включает в себя площадь и форму участка, на котором расположен объект, расположение здания на участке, состояние прилегающей к зданию территории, включая озеленение и освещенность, плотность застройки, учитывая возможность увеличения площади оцениваемого объекта, и состояние подъездных путей.

– Местоположение и окружение включают социальный, демографический и экономический профиль района, транспортную

доступность, уровень конкуренции, спрос и предложение недвижимости, качество общественных и коммерческих услуг, экологическую и криминальную обстановку и другие факторы.

– Рики и неопределенности включают изменения законодательства, налоги, инфляцию, процентные ставки, курсы валют, политическую и экономическую обстановку, природные и техногенные катастрофы, спрос и предложение на рынке недвижимости и другие факторы, которые могут негативно повлиять на доходность и стоимость недвижимости в будущем.

2. Технологии используемые для оценки привлекательности объекта коммерческой недвижимости

Далее рассмотрим ключевые технологии, которые используются в информационно-аналитических системах оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости.

– Геоинформационные системы — это системы, собирающие, хранящие, обрабатывающие, анализирующие и визуализирующие пространственные данные, связанные с географическим расположением объектов. Геоинформационные системы позволяют использовать картографические данные для оценки инвестиционной привлекательности недвижимости. Эти данные включают местоположение, транспортную доступность, инфраструктуру, конкуренцию, спрос и предложение на рынке недвижимости.

– Большие данные, технология используется для описания больших, сложных и разнообразных наборов данных, которые трудно обрабатывать традиционными методами. Благодаря использованию большого количества данных, которые включают данные из различных источников, таких как реестры, кадастры, сделки, аукционы, СМИ и социальные сети, мы можем оценить инвестиционную привлекательность недвижимости, выявив связи, скрытые закономерности и тренды.

– Искусственный интеллект — это способность программ и машин выполнять функции, которые обычно требуют человеческого интеллекта, такие как обучение, принятие решений, анализ данных и распознавание образов. Искусственный интеллект использует большое количество информации из различных источников для оценки инвестиционной привлекательности недвижимости и учитывает различные факторы и сценарии, чтобы предложить оптимальные варианты инвестирования.

– Машинное обучение — это область искусственного интеллекта, которая изучает, как обучать и создавать алгоритмы, которые могут обобщать и адаптироваться к новым данным без явного

программирования. Машинное обучение использует статистические модели для оценки инвестиционной привлекательности недвижимости; с увеличением объема данных оно может улучшить эффективность и точность.

Большинство из информационно-аналитических систем для оценки инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости, которые будут описаны и проанализированы в следующем абзаце, представляют из себя комплекс технологий, описанных мной выше, что позволяет им быть важным инструментом, для выбора привлекательных для инвестиций объектов коммерческой недвижимости.

3. Анализ и сравнение информационно-аналитических систем оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости, представленных на рынке Российской Федерации

На рынке Российской Федерации представлены следующие ИТ-решения, которые могут помочь в оценке инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости:

Первым разберем отчет о привлекательности объекта коммерческой недвижимости от компании Bestplace — это новый сервис, уникальный для рынка Российской Федерации. Этот сервис помогает определить инвестиционную привлекательность коммерческой недвижимости, на основе анализа различных факторов, таких как трафик, конкуренция, демография, доходность и риски.

Сервис доступен на сайте Bestplace для всех объектов коммерческой недвижимости. Для получения отчета вам нужно выбрать интересующий вас объект на карте либо найти его по адресу через поисковую строку, указать тип вашего бизнеса и нажать кнопку «Получить отчет». Отчет будет сгенерирован в течение нескольких минут. Компании «Авито» и «Циан», крупнейшие площадки для продажи и аренды недвижимости в Российской Федерации, являются партнерами компании Bestplace, что так же говорит о качестве предоставляемого ими решения, и позволяют получить доступ к отчету о коммерческой недвижимости напрямую со своих площадок, со страницы объявления о продаже или аренде объекта недвижимости.

Для формирования отчетов компания Bestplace использует машинное обучение, большие данные и геоинформационные системы.

Отчет содержит следующие разделы:

1. Общая оценка привлекательности объекта по пятибалльной шкале;
2. Карта с расположением объекта и ближайшими конкурентами;

3. Графики с динамикой трафика, спроса и предложения по типу бизнеса;
4. Таблицы с демографическими данными по району и городу;
5. Расчет доходности и рисков инвестиций в объект;
6. Рекомендации по оптимизации бизнес-процессов и маркетинга.

Данные, которые предоставляются в отчете Bestplace, могут быть использованы для оценки финансовых и нефинансовых критериев инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости.

Отчет от Bestplace также обладает понятной инфографикой, что помогает легче воспринимать информацию. Примеры инфографики из отчета представлены на рис. 1-3.

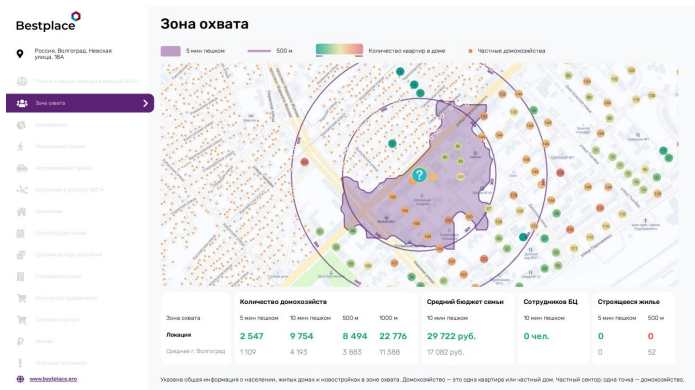


Рис. 1. Отчет от Bestplace

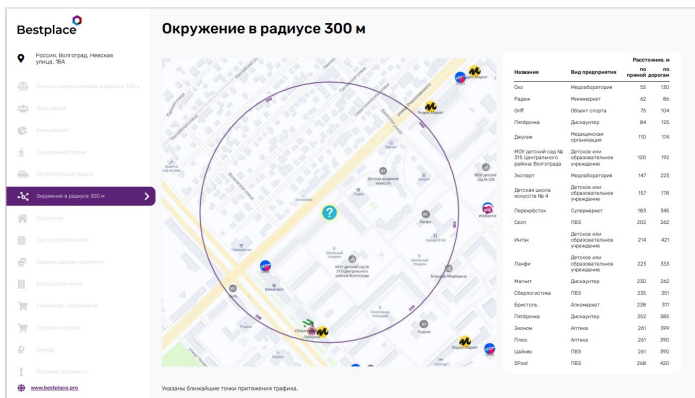


Рис. 2. Отчет от Bestplace

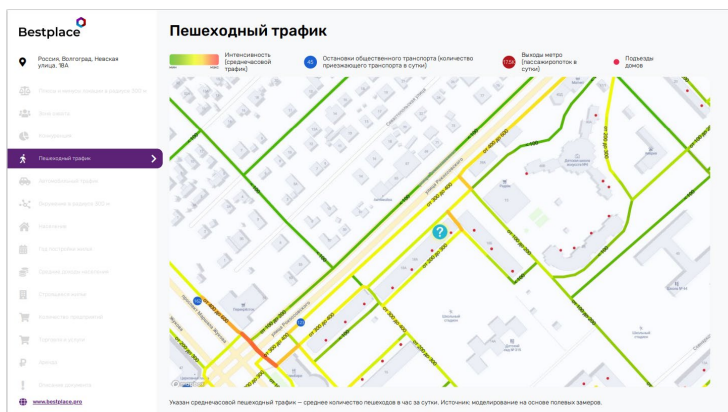


Рис. 3. Отчет от Bestplace

Отчет о коммерческой недвижимости от компании Bestplace на данный момент является уникальным предложением на российском рынке, за счет простоты использования и полноты данных, которые возможно получить, затратив на это минимальное количество ресурсов. В отличие от ИТ-решений, которые будут рассмотрены ниже.

Далее рассмотрим онлайн-сервис для оценки и мониторинга рынка коммерческой недвижимости «Аналитика», разработанный компанией «Циан», одной из крупнейших на рынке площадок для продажи и аренды недвижимости, для оценки и мониторинга рынка коммерческой недвижимости

Сервис «Аналитика» предоставляет доступ к данным о рынке недвижимости по всей России с архивом до пяти лет. Сбор, обработка и отображение информации из различных источников, таких как реестры, кадастры, сделки, аукционы, СМИ и социальные сети, осуществляется с помощью машинного обучения и больших данных.

Благодаря сервису «Аналитика» клиенты могут получать индивидуальные модели и отчеты по различным сегментам рынка, таким как склады, офисы, торговые помещения и гостиницы. Кроме того, сервис предлагает инструменты для прогнозирования и сравнения данных по различным местам, областям и объектам.

«Аналитика» от компании «Циан» предоставляет потребителю большое количество данных, особенно про цены объектов недвижимости, актуальные арендные ставки и истории продаж объектов недвижимости в определенной локации. Данные, предоставляемые сервисом «Аналитика», отлично подходят для расчета финансовых критериев инвестиционной привлекательности объекта недвижимости,

описанных в первом разделе статьи, однако сервис «Аналитика», не предоставляет данные для оценки нефинансовых критериев.

Также сервис «Аналитика» предоставляет данные в виде таблиц Excel, что значительно ухудшает их восприятие, особенно в сравнении с отчетом от компании Bestplace, пример данных, предоставляемых сервисом «Аналитика» можно увидеть на рис. 4.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with a grid of data. The columns are labeled with letters A through Q. The rows contain numerical data, likely representing real estate listings. The spreadsheet is titled 'уменьшенный обзор объектов на карте' and includes a status bar at the bottom with 'Колонки: 43'.

Рис. 4. Сервис «Аналитика»

Так же на рынке Российской Федерации представлено множество ИТ-решений геоаналитики, самыми популярными из них являются 2GS Аналитика «2GS PRO», Компас от Тинькофф Бизнес, Геоаналитика Билайн и множество схожих по функционалу аналогов.

Я решил объединить все эти решения в один пункт, так как они используют одну и ту же технологию, а именно геоаналитику. Различия между описанным решением заключаются в основном в объеме и полноте данных, а также локациями, которые охватывают эти системы.

Алгоритм работы с системой геоаналитики для оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости выглядит следующим образом:

- Регистрация на платформе геоаналитики и выбор подходящего вам тарифный план.
- Загрузить или подключить свои данные о недвижимости, включая адреса, площади, стоимость, типы и другие данные. Вы можете создать свои собственные шаблоны или использовать готовые шаблоны.

– Используя инструменты, такие как цвета, иконки, метки, фильтры и другие, изменяйте вид и параметры отображения данных на карте.

– Добавьте слои данных, которые могут быть полезны для анализа рынка коммерческой недвижимости, такие как данные о населении, транспортной доступности, инфраструктуре и конкурентах. Вы можете использовать свои собственные данные или данные из открытых источников.

– Используйте тепловые карты, зональную статистику, моделирование, индексы и другие методы геоаналитики для анализа данных на карте. Вы можете сравнивать и ранжировать различные места по инвестиционной привлекательности, учитывая все элементы и цели вашей компании.

– Экспортируйте или отправляйте результаты анализа в удобные форматы, такие как PDF, Excel, PNG и т. д.

Данные предоставляемые в геоаналитике позволяют с высокой долей точности оценить нефинансовые критерии для оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости, однако проигрывают сервису Аналитика от Циан, по полноте представленных финансовых показателей.

Сервисы геоаналитики больше подходят для выбора и оценки локации под открытие различного вида бизнеса, однако представленными в подобных ИТ-решениях инструментами можно пользоваться и для оценки инвестиционной привлекательности объектов недвижимости.

Также как и отчеты от компании Bestplace сервисы геоаналитики, предоставляют очень подробную и легкую для понимания инфографику, ее можно увидеть на рис. 5.

Сервисы геоаналитики имеют одно ключевое отличие от рассмотренных ранее ИТ-решений от Bestplace и от Циан, это отличие заключается в подходе, к передаче информации конечному пользователю. Логика работы ИТ-решений от Bestplace и от Циан заключается в том, что пользователь выбирает определенное коммерческое помещение, и заказывает отчет по этому объекту, в итоге получая конечный продукт в виде отчета, который можно использовать для принятия решения о инвестиционной привлекательности объекта. В отличие от этих ИТ-решений сервис геоаналитики, не дает пользователю готовый продукт, а предоставляет доступ к инструментам, используя которые потребитель может самостоятельно составить подобные отчеты.

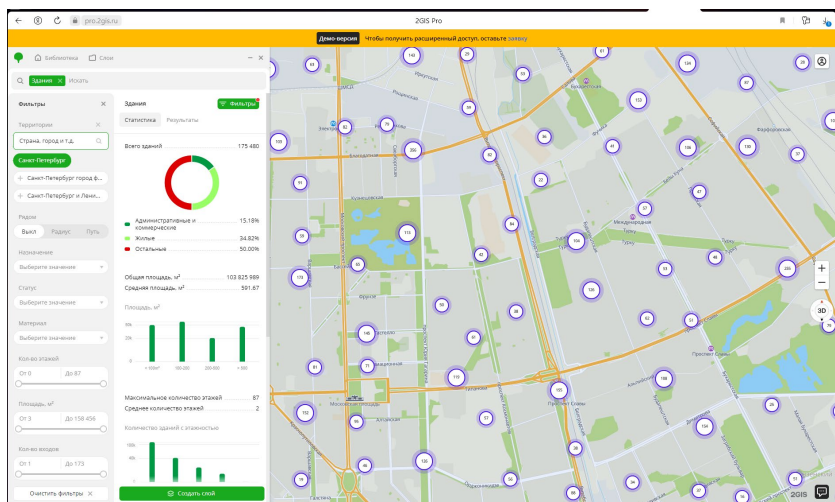


Рис. 5. Инфографика сервисов геоаналитики

Заключение

В ходе работы были изучены критерии оценки инвестиционной привлекательности коммерческой недвижимости. Изучены технологии, которые применяются в информационно-аналитических системах для оценки инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости. А также были рассмотрены информационно-аналитические системы для оценки инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости представленные на российском рынке, описаны их возможности, алгоритмы работы, преимущества и недостатки.

Список литературы

1. Околелова Э. Ю. Мировой опыт оценки инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости / Э. Ю. Околелова, Т. А. Попова. – Цифровая и отраслевая экономика, 2020. – С. 139-144.
2. Шмакаев М.А. Особенности оценки рыночной стоимости коммерческой недвижимости / М.А.Шмакаев // Наукосфера. – 2021. – С. 379-382.

Особенности построения хранилища данных DWH для компаний на облачной платформе

С. В. Яриков, email: st.yarikov@bk.ru ¹
Т. А. Макарчук, email: tmakarchuk@mail.ru ¹
И. Ф. Попадюк, email: pif351@yandex.ru ¹

¹ Санкт-Петербургский государственный
экономический университет

Аннотация. В данной статье представлены основное описание об облачном хранилище данных, плюсы и минусы таких решений по сравнению с локальными хранилищами, какие могут решать задачи облачные хранилища и чем могут помочь пользователям из бизнеса в перспективе.

Ключевые слова: КХД, корпоративное хранилище данных, облачное хранилище данных, DWH, cloud data storage.

Введение

В условиях развития цифровых университетов возникает необходимость в построение новых моделей процессов коммуникации [2] и их цифровизации на базе цифровых платформ с использованием сервисов как автоматизации, так и искусственного интеллекта или машинного обучения [3].

Все вышеперечисленные сервисы цифровых платформ являются инструментами для аналитики больших данных, которые в настоящее время формируются во многих компаниях ежедневно сотнями терабайт в рамках своих бизнес-процессов. В конечном счете помимо работы с данными, также основным фактором является составления отчетности в компании. Она может быть бухгалтерская, налоговая, отчетность для акционеров или публичной нефинансовой отчетностью, которая помогает инвесторам принимать решения о вложении средств в компании, понять её стратегию роста и убедиться в её надежности [5].

Для быстроты работы с данными необходимо эти данные хранить в структурированном виде. Помимо правильной организации данных, данные должны быть надежно защищены, а также исторически накапливаться как в части резервного копирования, так и для ретро-аналитики на глубину более 5 лет.

Анализ платформ данных для корпоративных целей

Для быстроты работы с данными обычные (локальные) СУБД начали не справляться с растущими потребностями компаний. В свете западных санкций и ограничений на технологический импорт, многие западные компании, которые предоставляли услуги в области хранения данных, создания серверов и дальнейшей их технической поддержки, ушли с российского рынка. Поэтому российские компании встали перед выбором:

1. перейти на отечественные аналоги, которые возможно не до конца имеют необходимый функционал, т.к. ранее мало кто пользовался и не было необходимости развивать данную технологию;
2. отказаться от корпоративных хранилищ данных и понести существенные убытки;
3. переехать на облачные хранилища данных от отечественных провайдеров, например, такие как Yandex Cloud.

Каждый из трёх вариантов – это огромные непредвиденные расходы на ИТ-инфраструктуру. Но какой выбрать вариант с той точки зрения, чтобы инвестиции в хранилище не только окупились, но начали приносить дополнительные экономии от автоматизации процессов, которые нельзя было сделать на прошлом локальном хранилище.

Поэтому если переезжать на новые хранилища, то лучше выбирать хранение данных в облачной среде. Облачное хранение данных открывает большие возможности с точки зрения хранения самих данных. Например данные, можно хранить на удаленных серверах компании-провайдера, которые предоставляет услуги. Его серверы находится на территории Российской Федерации, что дает гарантию, что данные находится в стране и никто не отключит от них доступ под предлогом западных санкций, например, как, такие компании, AWS или Google Cloud. На представленном ниже рис. 1 отображена схема взаимодействия между пользователем и облачной платформой, на которой можно настроить ПО, необходимые вычислительные ресурсы, а также хранить данные.

Доступ к таким данным, которые находятся на удаленных серверах, можно получить через сеть Интернет. Это дает большую возможность любым пользователям компании, у кого есть доступ, использовать эти данные из любого региона России с целью получения выгоды или принятия верных управленческих решений или построения BI-аналитики (отчетов) для руководства компании.



Рис. 1. Схема взаимодействия между пользователем и облачной платформой

Сравнительная характеристика облачных платформ данных с локальными СУБД

Современные российские облачные платформы для хранения данных предлагают компаниям множество преимуществ, например, такие, как:

- доступность (можно подключаться через сеть Интернет по защищенному каналу компании или VPN-туннелю);
- масштабируемость (если органически данные начинают быстро расти в объемах, или не хватает вычислительных мощностей под растущие потребности компании, всегда можно докупить либо физическое пространство на удаленном сервере, либо добавить CPU, ОЗУ для увеличения производительности);
- шифрование (многие облачные провайдеры имеют большие отделы информационной безопасности, где архитекторы совершенствуют методы защиты данных, а также адаптации хранения этих данных согласно нашим, российским, законам в области хранения данных и ограничения доступа к ним);

- автоматическое резервное копирование данных (стандартный функционал во всех современных СУБД);
- техническая поддержка полностью ложится на компанию-провайдера услуг облачного хранения, а также обслуживания этой инфраструктуры.
- платить можно только за те услуги (CPU, ОЗУ, HDD/SSD), которые нужны компании;
- отсутствие необходимости в ручном резервном копировании;
- возможность выбора любой СУБД, любой ОС, которые предоставляет компания-провайдер облачных услуг.

Однако несмотря на многие достоинства у облачных хранилищ данных безусловно есть и свои недостатки. К их числу можно отнести следующие:

- один и самый главный – это риск безопасности (т.к. данные хранятся не на внутренних серверах компании, злоумышленники могут взломать систему защиты провайдера и нанести вред компании посредством изменения данных, их скачивания – промышленный шпионаж, или полного удаления);
- ограниченный контроль (вся архитектура самих серверов находится в ведении компании-провайдера облачных ресурсов);
- зависимость от интернета (в случае выхода из строя интернета, можно пользоваться через локальную сеть данными на внутреннем сервере компании, с облачными данными – нужен доступ в интернет. Конечно, этот вопрос тоже можно решить путем протягивания оптоволоконного кабеля от организации к облачным серверам, и тогда доступ возможен без интернета);
- ограниченные возможности DevOps по настройке облачной инфраструктуры;
- зависимость от скорости к сети Интернет;
- риск потери данных из-за банкротства компании-провайдера или технических проблем на стороне поставщика (пожар, взлом, диверсия и т.д.);
- отсутствие прав собственности компании на физические носители или устройства для хранения данных (серверную инфраструктуру).

Заключение

Облачные платформы данных имеют множество преимуществ, включая те, что были перечислены выше. А также у таких облачных решений есть и свои недостатки, где главными из которых являются риски безопасности и риск потери данных из-за пожара, диверсии, взлома и т.д. на стороне компании-провайдера таких услуг. Поэтому при

выборе компании-провайдера облачных услуг необходимо учитывать его архитектуру безопасности, гибкости сотрудников ИБ с той точки зрения насколько быстро они идут в ногу со временем и как активно внедряют новые способы защиты.

Облачные технологии хранения данных становятся все более популярными, т.к. отвечают современным потребностям компаний, позволяют наиболее гибко и быстро заменить западных вендоров корпоративных платформ данных, которые ушли с российского рынка, а также по мере совершенствования технологий и повышения надежности мер безопасности недостатки облачного хранения данных будут уменьшаться, что позволит им стать ещё более привлекательным вариантом для компаний.

Список литературы

1. Гаврилов А. В. Будущее "Облачных" технологий. Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2019. № 3. С. 86.

2. Макачук Т. А., Барабанова М.И., Газуль С.М. и др. Информационные системы и цифровые технологии. Учебное пособие-практикум в 2-х частях / Том Часть 2. - Санкт-Петербург, Изд-во СПбГЭУ, 2021. - 217 с.

3. Трофимов В. В., Минаков В. Ф., Трофимова Л.А. и др. Сквозные технологии в цифровых экосистемах. Монография. - Санкт-Петербург, Изд-во СПбГЭУ, 2022. - 171 с.

4. Макачук Т.А., Анастасьев Д.А. Управление продуктовыми предпочтениями клиентов с использованием технологии PROCESS MINING // Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в информационном обществе. Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. - Москва, ООО ""Институт развития образования и консалтинга", 2022. - С. 119-122.

5. Попадюк И.Ф., Табакова М.В. Развитие публичной нефинансовой отчетности: проблемы и перспективы. Наука и образование в условиях цифровой трансформации экономики и обществ. – Сборник лучших докладов профессорско-преподавательского состава X Национальной научно-практической конференция института магистратуры с международным участием. Санкт-Петербург, 2021. С. 162-166.

Секция 5
Прикладное
моделирование и
E-business

Analysis to approaches to modeling non-stationary time series

M. G. Matveev, email: mgmatveev@list.ru

E. A. Sirota, email: atoris@list.ru

Voronezh State University

Annotation. This paper provides a brief thesis review of the authors' works on the topic of modeling multivariate time series with implicitly changing properties. Today, the apparatus for analyzing and forecasting such time series is in demand in various fields of human activity: meteorology, sociology, medicine, financial market research, and a number of others. The paper provides a review of articles that propose a combined approach for solving the problem of parametric identification for multidimensional non-stationary time series with changing states. Articles where a technique is obtained with which one can obtain estimates of time-dependent parameters, as well as a review of works that offer various approaches to improve the quality of these estimates.

Key words: autoregressive model, time series properties, finite difference equations, identification, LSM estimates, biased estimates of model parameters, the reduction of the dimensionality, time series.

Introduction

Today, the apparatus for analyzing and forecasting non-stationary time series is in demand in various fields of human activity: meteorology, sociology, medicine, financial market research, and a number of others. Accounting for implicitly changing properties is usually implemented by searching for structural breaks, which are changes in the properties of the process, which are reflected in changes in the coefficients of the parametric model of the process, the distribution parameters of the random component [1], or moments of discord characterizing the change in the mode of operation of the series, namely, the transition from one quasi-stationary state to other [2].

The approach developed within the framework of the methodology of searching for structural breaks or moments of decomposition of a non-stationary time series is given in the works of Orlov Yu.N and others [2]. It is a selection of segments of homogeneous statistical data separated by moments of decomposition. Models with constant parameters are being built on segments of homogeneous statistics. However, the occurrence of a structural rupture can occur abruptly or relatively slowly with an obvious

transient process, and is caused by a difficult-to-control change in the state of the system, which in turn significantly complicates the implementation of the construction of segments.

These approaches have been considered and are widely used for one-dimensional time series. In the case of multidimensional time series, the construction of predictive models of non-stationary time series may be based not on the selection of segments of homogeneous statistical data, but on the idea of classifying or clustering the entire array of dynamic information according to some features.

In the field of adaptive control systems, the main focus is on methods of current identification in real time. For real-time identification, recurrent methods for estimating the parameters of stationary and non-stationary random signals have been created. In the work of R. Iserman provides a generalization of the properties of recurrent identification algorithms, there are quite a lot of these algorithms. With a short duration of measurements in high-intensity noise, all these methods provide approximately the same quality of estimates. In view of this, preference is still given to recurrent least squares method since it is simpler than other identification methods and guarantees reliable convergence of estimates. However, recurrent least squares method is applicable for small ratios of noise intensity to the useful signal, otherwise it gives strongly biased estimates of the parameters.

The principle of the recurrent least squares method is the basis for the operation of a recurrent neural network (RNS) – this is a type of INS that is well suited for solving problems related to time series. The RNS processes a temporary sequence of data step by step, sorting through its elements and preserving the internal state obtained during the processing of previous elements.

The main disadvantage of these networks is the lack of stability, and in cases when it is achieved, the network becomes equivalent to a single-layer neural network, which is why it is unable to solve linearly inseparable problems. As a result, the capacity of such networks is extremely small. And more disadvantages: RNN preparation is a very difficult task, this network cannot process very long sequences when using TANH or Relu as an activation function.

By analogy with recurrent neural networks (RNNs), transformers are designed to process sequences, such as natural language text, and solve tasks such as machine translation and automatic abstracting. Unlike RNS, transformers do not require processing sequences in order. For example, if the input data is text, then the transformer does not need to process the end of the text after processing its beginning. Due to this, transformers are parallelized more easily than the RNC and can be trained faster.

The main drawback of the transformer network is associated with the presence of a quadratic dependence on the length of the sequence for both calculations and RAM, and most of the research was somehow aimed at overcoming this problem and concerned the mechanism of multi-headed attention.

In addition, transformer networks are very difficult to implement and configure the network structure itself.

The general scientific problem of modeling such series is related to solving the problem of identification, namely, obtaining model parameters that depend on time.

The object of our study is multivariate autoregression, which is a model of a multivariate time series with implicit changes in properties, the parameters of this model depend on time. We propose a combined approach for solving the problem of parametric identification for multidimensional non-stationary time series with changing states. A technique has been obtained that can be used to obtain estimates of time-dependent parameters. We also offer various approaches to improve the quality of these estimates.

Different approaches to modeling non-stationary time series

In the most general form, as a model of a non-stationary time series, it is proposed to consider a system of two equations. The dependence describing the change in the levels of the series y has the form

$$y = F(t, s) \tag{1}$$

where t - time, s - numerical characteristic of the internal state of the system, which specifies one or another model of the behavior of the series. If the state of the system remains unchanged, then the levels of the series can change in time according to an arbitrary but constant dependence; if the state of the system changes, then the behavior of the series necessarily changes. The change in states occurs under the influence of uncontrolled external factors, so we will assume that the action of external factors is reflected in the change in the values of the levels of the series and the change in states can be described as a dependence on these levels. Often, the parameters of the model F are considered as a characteristic of the state of the system, which greatly facilitates the construction of predictive models in each cluster, since the parameters inside it remain unchanged.

The second equation describes directly the change of states

$$s = \Phi(t) = \Phi(s(t)) \tag{2}$$

The change in the state of the system over time, in the vast majority of cases, cannot be associated with any phenomenological laws, therefore, to build a continuous model Φ , it is proposed to use the "black box" principle,

which, as you know, requires a series of measurements of the input and output of the simulated process for parametric identification selected model structure. The problem arises of obtaining a series of S state estimates corresponding to the measured levels of the series $y(t)$.

In works [3, 4, 5], the construction and analysis of models F and Φ was carried out in the following version: model structure F - autoregression; the structure of the model Φ is a multilayer perceptron.

In works [6, 7, 8], the structure of the model F is implemented – a multilayer perceptron; the structure of the model Φ is a multilayer perceptron.

The study of these models was carried out using the statistical data of atmospheric temperature obtained from an open electronic resource [9]. The data are time series of average daily temperature for several years in the nodes of a flat coordinate grid built at a given height from the earth's surface.

The grid step in latitude (coordinate i) and longitude (coordinate j) is $h=2,5^\circ$.

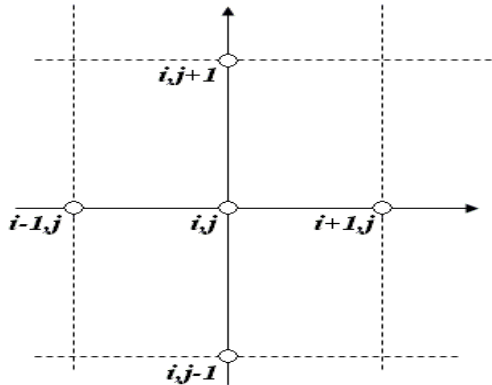


Fig. 1 Fragment of the atmospheric temperature measurement scheme

There is a correlation between time series in neighboring grid nodes. The choice of atmospheric temperature as the object of research is explained by the availability of a large number of high-quality statistical data in the form of non-stationary multidimensional time series with changing properties. The guaranteed presence of changing properties is explained by the natural change in the state of the atmosphere, which affects the dynamics of temperature, for example, seasonal dynamics.

The correlation analysis of temperature time series has shown that adjacent temperature time series in the nodes of the regular grid in Figure 1 are correlated with each other and the correlation coefficients have

statistically significant estimates (more than 0.7). Therefore, it is proposed to consider such series as a multidimensional time series, represented as a temperature vector $y(t)$ of adjacent grid nodes at a time t

$$y(t) = (y_{i-1,j}(t); y_{i+1,j}(t); y_{i,j}(t); y_{i,j-1}(t); y_{i,j+1}(t)).$$

The value of the temperature at the node ij at the moment of time $(t+1) - y_{ij}(t+1)$, can be represented as the weighted average of the components of the vector $y(t)$, i.e. for an arbitrary, but not boundary node ij , $i = 2, \dots, n-1$; $j = 2, \dots, m-1$, the following expression can be written:

$$y_{i,j}(t+1) = \alpha_{ij} y_{i,j}(t) + \alpha_{i-1,j} y_{i-1,j}(t) + \alpha_{i+1,j} y_{i+1,j}(t) + \alpha_{i,j-1} y_{i,j-1}(t) + \alpha_{i,j+1} y_{i,j+1}(t) \quad (3)$$

where α_{ij} are the weighting coefficients; $\xi_{ij}(t+1)$ – serially uncorrelated errors, which are assumed to have zero mean and covariance $\sigma_{\xi\xi}$.

The nonstationarity of the sequence (3) is provided by variable weighting coefficients $\alpha_{ij}(t) = \alpha_{ij}(y_{ij}(t))$, the change in state is indicated by a change in dependence $\alpha_{ij}(y_{ij}(t))$.

Equations of the form (3) can be written for grid nodes $d = n \times m - 2(n+m-2)$:

$$y_{d \times 1}(t+1) = A_{d \times s}(t) y_{s \times 1}(t) \quad (4)$$

where $s = n \times m$; A is a matrix of weight coefficients estimates.

To obtain matrix elements, it is necessary to construct classes of homogeneous statistics according to a pre-selected criterion characterizing the state of the atmosphere. As such a criterion, it is proposed to use the vector of central differences calculated in the grid nodes (figure 1):

$$\Delta_{ij} = (\delta_i, \delta_j)$$

where

$$\delta_i = y_{i+1,j} - y_{i-1,j}, \quad \delta_j = y_{i,j+1} - y_{i,j-1}.$$

The choice of such a criterion is justified by its natural interpretation. Indeed, the vector Δ_{ij} indicates the direction and speed of movement of air masses, which, of course, determines the state of the atmosphere. In addition, the presence of a multidimensional series makes it possible to calculate the vector of central differences at a fixed time by spatial coordinates, which ensures that the temperature value and the state of the atmosphere correspond unambiguously.

Classes of homogeneous statistics will represent temperature values already disordered both by time and by grid nodes. Therefore, in order to preserve the structure of the data connection with equation (4), it is necessary to remember the correspondence

$$S : \{y_{ij}(t+1)\} \rightarrow \{(y_{ij}(t); y_{i-1,j}(t); y_{i+1,j}(t); y_{ij-1}(t); y_{ij+1}(t))\} \quad (5)$$

The construction of homogeneous statistics classes can be carried out using classification algorithms or clustering algorithms described in [8, 9].

You can build a model for each class with constant coefficients characterizing the stationary state of the atmosphere. Estimates of these coefficients are not difficult to obtain using the least squares method.

For experimental approbation, statistical data of reanalysis of atmospheric parameters for 2008-2010 were used, reduced to the average daily values. The processes of temperature change at a geopotential of 300 gPa in a grid node with coordinates of -70° north latitude; 2.5° east longitude were considered. In the node under consideration, 16 classes of homogeneous statistics were identified, of which 14 turned out to have a representative sample size.

The simulation results are presented in [9].

The model F has been built, now we are building a model Φ . The construction of the model Φ can be considered as the construction of a correspondence

$$\Phi : \Delta(y) \rightarrow A$$

where A is the matrix of coefficients of the model (4). For training, a three-layer perceptron with four neurons of the input layer, four neurons of the hidden and five neurons of the output layer was used. The MATLAB 10 tool environment was used to train the network. The sigmoidal function "logsig" was used as the activation functions of the input and hidden layer, and the linear function "purelin" was used for the output layer. INS training was performed using the Levenberg-Marquardt algorithm ("trainlm").

The models of the first variant will require a large amount of information to identify classes of homogeneous data, the procedures for their construction are quite complex and cumbersome, especially in terms of constructing and memorizing the correspondence (5). Consider the models of the second variant, which will significantly simplify the accounting of changes in the state of the system during its operation. The models of the second variant are two sequentially connected artificial neural networks. The first artificial neural network responsible for the state, the second for the

forecast. Let's consider the construction of models and the second option in detail on the example of a non-stationary time sequence of the form

$$y_{t+1} = F(y_t, s_t) + \xi_t, \quad t = 1, 2, \dots, \quad (6)$$

where y_{t+1} are the values of the process under consideration at a time $t+1$; s_t – a vector of known additional parameters at which the state of the system remains unchanged; ξ_t – a vector that takes into account the impact of random factors.

Often the vector of additional parameters changes significantly slower than the main one, so the model (7) can be represented as

$$y_t = F(y_{t-1}, s_{\tau-1}) + \xi_t, \quad \tau = \phi(t) = \left[t / \Delta N \right] + 1, \quad t = 1, 2, \dots$$

$$s_\tau \equiv s_i = \text{const}, \quad \tau = i, \quad (i-1)\Delta N \leq t < i\Delta N$$

where the symbol $[...]$ means the integer part of the number; ΔN – the step of changing the vector of additional parameters.

With respect to the vector s_τ , in many cases it can be assumed that

$$s_\tau = \Phi(s_{\tau-1}) + \xi_\tau, \quad \tau = \varphi(t), \quad \tau = 1, 2, \dots, \quad t = 1, 2, \dots, \quad (7)$$

where ξ_τ is a vector that takes into account the impact of random factors.

Thus, the mathematical model of the initial process can be represented as a model of two hierarchically nested processes. In the case of solving the forecasting problem for model (9), we will use a two-level hierarchical neural network, the architecture of which is shown and described in [5].

The first hierarchical level (the so-called "slow neural network") is designed to predict the model parameter S (9), which is corrective for the input vectors of the second hierarchical level. Such a parameter, for example, in the general case may be the correlation coefficient of a random process.

For experimental testing, the same statistical data of reanalysis of atmospheric parameters for 2008-2010 were used as in the case of the study of models of the first variant. The processes of temperature change at a geopotential of 300 GPa in a grid node with coordinates of -70° north latitude; 2.5° east longitude were considered.

The MATLAB 10 tool environment was used to train the network. The sigmoidal function "logsig" was used as the activation functions of the input and hidden layer, and the linear function "purelin" was used for the output layer. The artificial neural network was trained using the Levenberg-Marquardt algorithm ("trainlm").

A multi-layer perceptron network with four hidden layers was also selected for the training of the second hierarchical level. The sigmoidal function "logsig" was used as the activation functions of the input and hidden layers, and the linear function "purelin" was used for the output layer. ANN training was performed using the Levenberg-Marquardt algorithm ("trainlm").

Table

Comparative analysis of two presented models

Type of the model	R^2	MAPE
Model structure F - autoregression; model structure Φ - artificial neural network	0,96	2,2 %
Model structure F - artificial neural network; model structure Φ - artificial neural network	0,99	1,5%

The results of comparing the models presented in table show a slight advantage of the hierarchical neural network.

As mentioned above, in the case of clustering or data classification, the parameters within the cluster or class remain unchanged. In [10, 11], we proposed various approaches to improve the quality of parameter estimates obtained as a result of solving the identification problem within each class. The work [12] discusses the conservatism condition and the class of problems for which this condition is satisfied separately for each constructed model with constant parameters, that is, within each class. An analysis of the quality of estimates is carried out in the case of the condition of conservativeness and in the case when this condition is not met.

Conclusion

Thus, we have considered the general problem of modeling non-stationary time series with changing states. The main difficulty lies in obtaining a solution to the identification problem, namely, obtaining model parameters that depend on time. In our work, we propose to consider various combined models for solving the problem of parametric identification in the case of multidimensional non-stationary time series, and we also consider various approaches to improve the quality of these estimates.

References

1. Grebenyuk, E.A. Methods of analysis of non-stationary time series with implicit changes in properties, Automation and telemechanics / E. A. Grebenyuk. – 2005. – No. 12. – C. 3-29.

2. Orlov, Yu.N. Modeling and statistical analysis of functionals given on samples from a non-stationary time series / Yu.N. Orlov, S. L. Fedorov // Preprints of the IPM im. M.V. Keldysh, 2014. – No. 43. -26 p. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2014-43>.
3. Matveev, M. G. Analysis and investigation of the conservativeness condition in the problem of parametric identification of dynamic distributed processes / M. G. Matveev, E. A. Sirota // Journal of Physics: Conference Series, 1902. (2021).
4. Kopytin, A.V. Application of the expanded Kalman filter for identifying the parameters of a distributed dynamical system / A. V. Kopytin, E. A. Kopytina, M. G. Matveev // Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies, 3, 44-50 (2018).
5. Sirota, E. A. Prediction of non-stationary time sequences based on hierarchical multilayer neural networks / E. A. Sirota // Information technologies. 2014. No. 1. – S. 67-71.
6. Matveev, M. G. Modeling the dynamics of atmospheric processes based on the analysis of multidimensional time series / M. G. Matveev, E.A. Sirota, I.V. Prikhodko, S.A. Kuznetsov // Aerospace Forces. Theory and practice. 2017. No. 1 (1). pp. 99-111.
7. NCEP/DOEAMIP2 Reanalysis [Electronic resource]. URL: <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html>.
8. Matveev, M.G. Analysis of the properties of the OLS-estimators in case of elimination of multi-collinearity in the problems of parametric identification of distributed dynamic processes / M. G. Matveev, E. A. Sirota // Bulletin of Voronezh state University, series "System analysis and information technologies", 2, 15-22 (2020).
9. Matveev, M.G. Analysis and investigation of the conservativeness condition in the problem of parametric identification of distributed dynamic processes / M. G. Matveev, E.A. Sirota // Journal of Physics: Conference Series, No. 1902. – 2021. – 012079. DOI:10.1088/1742-6596/1902/1/012079.
10. Matveev, M.G. Analysis and study of the conservatism condition in the problem of parametric identification of distributed dynamic processes / M. G. Matveev, E.A. Sirota // In the collection: Actual problems of applied mathematics, informatics and mechanics. collection of proceedings of the International scientific conference. FGBOU VO "Voronezh State University". Voronezh, 2021. S. 987-989.
11. Matveev, M.G. Analysis and investigation of the conservativeness condition in the problem of parametric identification of distributed dynamic processes / M. G. Matveev, E.A. Sirota // Journal of Physics: Conference Series, No. 1902. – 2021. – 012079. DOI:10.1088/1742-6596/1902/1/012079.

12. Matveev, M.G. Analysis and study of the conservatism condition in the problem of parametric identification of distributed dynamic processes / M. G. Matveev, E.A. Sirota // In the collection: Actual problems of applied mathematics, informatics and mechanics. collection of proceedings of the International scientific conference. FGBOU VO "Voronezh State University". Voronezh, 2021. P. 987-989.

13. Matveev, M.G. Forecasting the dynamics of a time series atmospheric temperatures based on hierarchical multilayer neural networks / M. G. Matveev, E.A. Sirota // In the collection: Actual problems of applied mathematics, informatics and mechanics. collection of proceedings of the International scientific conference. FGBOU VO "Voronezh State University". Voronezh, 2015. P.144-150.

Интеграция RPA и Copilot в Битрикс24: оптимизация бизнес-процессов и повышение производительности

Т. С. Автономова, email: tat.avtonomova2015@yandex.ru

Санкт-Петербургский Государственный экономический университет

***Аннотация.** В статье рассматривается технология RPA (Robotic Process Automation), представленная в системе Битрикс24 в качестве встроенного редактора для создания роботов. В статье обсуждаются преимущества и недостатки использования RPA в Битрикс24, а также предложения по ее дальнейшему развитию и совершенствованию.*

***Ключевые слова:** технология RPA, Битрикс24, роботы, автоматизация, AI*

Введение

В современном мире бизнеса конкуренция высока, и требования к эффективности постоянно растут. Компании ищут пути оптимизации процессов и повышения производительности, используя различные технологии, такие как RPA и CoPilot.

RPA технология стала неотъемлемой частью современного бизнеса, предоставляя огромный потенциал для автоматизации множества рутинных и повторяющихся задач. Однако, настоящий потенциал RPA можно раскрыть при его интеграции с другими инновационными технологиями. К примеру, совмещение RPA с CoPilot – системой искусственного интеллекта: в рамках развития платформы Битрикс24, возможно увеличение функциональности и эффективности за счет объединения этих двух технологий.

1. Определение RPA

RPA (Robotic Process Automation) – это технология, которая использует программных роботов или «bots» для автоматизации рутинных задач и процессов. Согласно определению Tom Taulli из его книги «The Robotic Process Automation Handbook»: «RPA включает ботов, которые выполняют набор определенных действий или задач, таких как:

- копирование и вставка информации из одного приложения в другое;
- открытие веб-сайта и вход в систему;

- открытие электронного письма и вложений;
- чтение/запись базы данных;
- извлечение содержимого из форм или документов;
- использование вычислений и рабочих процессов» [1].

Зачатки RPA-технологии, которые мы используем и сегодня, появились в начале 2000-х. Значительный вклад внесла технология *screen scraping*, подразумевающая автоматизированный сбор информации из приложений для ее дальнейшего использования в других целях. Такая автоматизация позволила многим предприятиям, сталкивающимся с большими объемами данных, повысить свою производительность и результативность [2].

RPA используется для замены человеческого труда при выполнении монотонных и повторяющихся задач. Например, обработка данных, ввод информации, управление базами данных и т.д. Вместо того чтобы тратить время и ресурсы на выполнение этих задач вручную, компании могут использовать программных роботов, которые могут работать круглосуточно и без перерывов.

Роботы RPA работают, имитируя действия пользователя в интерфейсе приложения. Они используют различные методы ввода данных, такие как распознавание образов и оптического распознавания символов (OCR), чтобы обрабатывать и анализировать информацию. Затем они автоматически выполняют задачи, используя API и другие интерфейсы приложений.

RPA состоит из нескольких компонентов, которые работают вместе, чтобы автоматизировать бизнес-процессы:

- интерфейс разработки ботов: это среда, в которой программисты разрабатывают, тестируют и отлаживают RPA-роботов. Она позволяет создавать блок-схемы задач, определять действия и условия для роботов;

- боты: это программные агенты, которые имитируют действия пользователей и выполняют автоматизированные задачи. Они могут взаимодействовать с различными приложениями и базами данных, обрабатывать данные и выполнять другие действия, необходимые для выполнения задач;

- управление и контроль: RPA-система обеспечивает функциональность управления и контроля над ботами. Она позволяет запускать, мониторить, останавливать и управлять роботами, а также создавать расписания выполнения задач;

- интеграция: RPA может быть интегрирована с другими системами и приложениями в предприятии. RPA-роботы могут

взаимодействовать с CRM-системами, ERP-системами, базами данных и другими бизнес-приложениями, автоматизируя задачи и процессы;

– аналитика и отчетность: RPA-система предоставляет аналитическую информацию и отчеты о выполнении задач роботами. Она может показывать статистику, ошибки, время выполнения и другую информацию, которая может быть полезна для оценки эффективности и оптимизации бизнес-процессов.

Все эти компоненты работают вместе, чтобы обеспечить автоматизацию бизнес-процессов.

В современном бизнесе RPA используется для оптимизации бизнес-процессов, сокращения затрат на труд и улучшения качества работы. Например, RPA может быть использован для обработки заказов, управления документами, обновления баз данных и многого другого. Также RPA может помочь компаниям быстрее адаптироваться к изменениям в законодательстве или бизнес-процессах.

2. RPA в Битрикс24

Битрикс24 – это система управления бизнесом, которая помогает компаниям автоматизировать свои процессы и управлять работой сотрудников. Она включает в себя инструменты для управления задачами, коммуникациями, проектами и другими аспектами работы компании, CRM-систему, инструменты совместной работы сотрудников, инструменты автоматизации и роботизации.

RPA в Битрикс24 – это инструмент для автоматизации бизнес-процессов на основе правил и скриптов. Он позволяет создавать программных роботов, которые могут выполнять различные задачи, такие как обработка заявок, отправка уведомлений, обновление данных и т. д.

Для создания робота в RPA используется специальный редактор, где пользователь может настроить правила и сценарии работы. После создания робота его можно запустить вручную или настроить автоматическое выполнение по расписанию. На рис. 1 представлен пример процесса по оплате счета, сформированный в редакторе Битрикс24, картинка взята с официального сайта Битрикс24 [3].

RPA в Битрикс24 позволяет исключить человеческий фактор, роботы помогают автоматизировать рутинные процессы и те действия, о которых сотрудник может забыть, выполнить некорректно. В Битрикс24 представлен удобный и наглядный интерфейс работы с роботами RPA. Пользователь может настроить стадии роботов и в режиме реального времени наблюдать за этапами их работы. На рис. 2 представлены стадии процесса RPA по согласованию заявки на оплату, взятая с сайта техподдержки Битрикс24 [4].

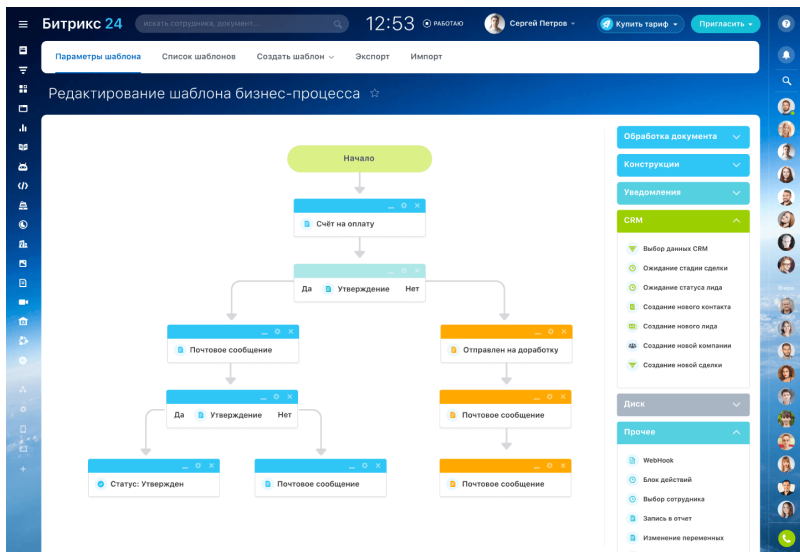


Рис. 1. Пример процесса RPA по оплате счета в редакторе Битрикс24

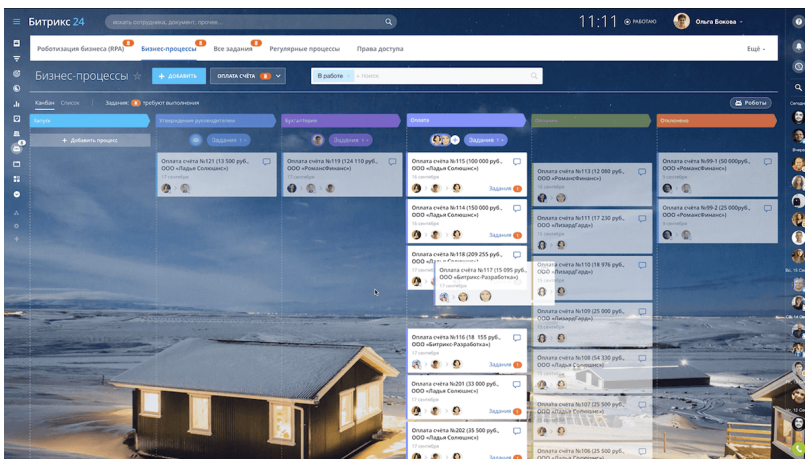


Рис. 2. Стадии процесса RPA по согласованию заявки на оплату

В сравнении с редактором бизнес-процессов редактор роботов RPA немного уступает по количеству и разнообразию встроенных активити (действий бизнес-процесса), однако есть и преимущества: любое движение по процессу сохраняется в единой карточке. В отличие от процессов в CRM или живой ленте Битрикс24 в процессах RPA не требуется заходить в каждую стадию процесса, изучать логи, вся история хранится в отдельной карточке процесса.

RPA в Битрикс24, как описывают эту технологию разработчики системы, это инструмент, не требующий глубоких знаний построения бизнес-процессов, он предназначен для решения простых операций: согласование документов, отправка писем, обновление списков, работа с задачами и проч. Именно на построение таких простых процессов с помощью стандартных действий бизнес-процессов в CRM, смарт-процессах, списках или живой ленте администраторы портала тратят большое количество ресурсов, вместо того, чтобы пустить свои силы на построение действительно сложных и стратегически важных процессов, настройку интеграций с другими системами.

3. Искусственный интеллект в связке с RPA в Битрикс24

Осенью 2023 года компания Битрикс24 презентовала обновление системы «Битрикс24 Вега +AI». Главный сюрприз данного обновления – встроенный искусственный интеллект CoPilot – онлайн помощник, способный сгенерировать текст письма для клиента или картинку для сайта на базе корпоративного портала, заполнить поля сделки или лида, прослушав телефонный разговор с сотрудником компании, поставить задачу, создать запись в новостной ленте, выделить главное в большом объеме текста, перевести статью на нужный язык и проч.

CoPilot – это инновационный инструмент, разработанный OpenAI, который анализирует миллионы строк кода и образцов программирования. Он использует передовые нейронные сети для генерации предложений и фрагментов кода, что помогает программистам экономить время и сосредоточиться на креативности.

Главная идея данной технологии, обозначенная разработчиками: «Людей заменит не CoPilot, а люди-пользователи CoPilot». [5]

На текущий момент данная технология находится в бета-версии, доступна пользователям бесплатно на любых тарифах, но только в облачной версии Битрикс24. Однако уже сейчас можно предопределить успех нового инструмента, ведь он позволит существенно упростить работу пользователей.

Искусственный интеллект может быть обучен на данных, чтобы определять шаблоны и зависимости, которые затем могут быть использованы для создания инструкций для системы RPA. Например,

искусственный интеллект может анализировать данные о продажах и определять, какие товары наиболее популярны, а затем создавать инструкции для системы RPA для автоматизации процесса заказа этих товаров. CoPilot, встроенный в Битрикс24, также может создавать программных роботов для автоматизации процессов.

CoPilot может помочь настроить процесс RPA, предлагая поддержку и рекомендации на каждом этапе:

- автоматизация процесса: CoPilot может помочь в определении процессов, которые могут быть автоматизированы с помощью RPA. К примеру, путем анализа рутинных и повторяющихся задач, CoPilot может подсказать, где автоматизация может принести наибольшую пользу;

- разработка ботов: CoPilot может предложить рекомендации и подсказки по разработке RPA-ботов, разработать скрипты или шаблоны, которые облегчают процесс разработки и ускоряют его;

- тестирование и отладка: CoPilot может помочь в тестировании и отладке RPA-процессов, предложить механизмы для проверки, что автоматизация работает правильно, и помочь идентифицировать и устранить возможные ошибки;

- оптимизация и мониторинг: CoPilot может предоставить аналитику и отчеты о работе RPA-процессов, возможности для оптимизации производительности и помочь в мониторинге результатов автоматизации.

Заключение

Таким образом, объединение работы искусственного интеллекта и технологию RPA позволит достичь более эффективного и автоматизированного выполнения задач. AI может использоваться в RPA для решения сложных задач, которые требуют анализа и принятия решений на основе большого объема данных. Это позволяет разработать более интеллектуальные роботы, способные обнаруживать и решать проблемы самостоятельно, без необходимости прямого участия человека. Комбинация AI и RPA может значительно улучшить производительность и эффективность процессов, а также существенно снизить нагрузку на администраторов портала в настройке ряда процессов.

Список литературы

1. Tom Taulli. The Robotic Process Automation Handbook: руководство по внедрению систем RPA / Tom Taulli; Monrovia, CA, USA, 2020. – 310 с.

2. Как появилось RPA? [Электронный ресурс] : «Дзен» статьи. – Режим доступа : <https://dzen.ru/a/YzkjHFVIRWFxTsUh#:~:text=Первые%20элементы%20RPA%2C%20которыми%20мы,повысили%20собственную%20эффективности%20и%20результативность>

3. Битрикс24: роботизация и автоматизация бизнес-процессов (RPA) компании [Электронный ресурс] : официальный сайт Битрикс24. – Режим доступа : <https://www.bitrix24.ru/features/more/gra.php>

4. Что такое RPA? [Электронный ресурс] : официальный сайт техподдержки Битрикс24. – Режим доступа : <https://helpdesk.bitrix24.ru/open/16292848/>

5. Новые возможности с Битрикс24 Вега + AI [Электронный ресурс] : официальный сайт компании «1С-Битрикс». – Режим доступа : <https://www.1c-bitrix.ru/about/news/19182804/>

6. Макачук Т.А. Технологии роботизированной автоматизации задач для совершенствования бизнес-процесса выполнения заказов // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения. Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием. – Тольятти, 2023. – С. 210-215.

Решение уравнения теплопроводности применительно к ИК-нагреву влагосодержащих материалов

Д. Г. Андреев, email: as_scalemodel@mail.ru ¹

Д. С. Сайко, email: dmsajko@mail.ru ²

С. А. Титов, email: 125titov@mail.ru ¹

Б. Е. Никитин, email: nbe6419@gmail.com ¹

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий

² Воронежский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматривается решение уравнения теплопроводности в контексте инфракрасного нагрева влагосодержащих материалов. Обсуждается применение инфракрасной конвективной сушки для сохранения питательных веществ и получения образцов высокой прочности. Предлагается универсальный подход, учитывающий специфику теплопередачи и поглощения тепла при испарении влаги с поверхности продукта. Описывается уравнение, рассматривающее развитие процессов теплопереноса, а также решение соответствующей краевой задачи. Представлено аналитическое решение и проводятся численные расчеты, иллюстрирующие распределение температуры на поверхности образца. Результаты показывают, что температура на поверхности быстро устанавливается на одном уровне, но время достижения насыщения по температуре возрастает с увеличением расстояния от поверхности.

Ключевые слова: уравнение теплопроводности, ИК-сушка, влагосодержащие материалы, теплопередача, испарение, краевая задача, моделирование процессов.

Введение

Для сохранения всех полезных питательных веществ пищевых материалов и получения изделий высокой прочности можно использовать инфракрасную конвективную сушку, при которой из-за поверхностного характера подвода тепла к продукту его средняя температура оказывается ниже, чем при многих других способах сушки. Однако для расчета распределения температуры по образцу материала необходимо привлекать модели, которые учитывали бы как специфику теплопередачи при ИК-сушке, так и характер поглощения тепла при испарении влаги с поверхности продукта [1].

При допущении о постоянстве интенсивности процесса испарения с поверхности частицы предложен универсальный подход, в соответствии с которым принятая система уравнений сушки приемлема на всем протяжении процесса, если учесть зависимость параметров от типа и состояния поверхности, с которой происходит испарение [2].

Решение уравнения

Для адекватного описания процессов теплопереноса решается уравнение (1):

$$\frac{\partial w}{\partial t} = a \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \Phi(x, t). \quad (1)$$

Уравнение этого вида описывает развитие одномерных нестационарных неподвижных средах или твердых телах с постоянным коэффициентом температуропроводности при наличии объемного тепловыделения, когда источниковый член зависит от пространственной координаты и времени [3].

Рассматривается решение следующей краевой задачи:

$$w_t = aw_{xx} + \exp(-\alpha x), \quad x \geq 0, t \geq 0; \quad (2)$$

$$w(x, 0) = 0; \quad (3)$$

$$(w_x - kw)|_{x=0} = 0. \quad (4)$$

Из справочника [2, 1.1.2-4] известно, что краевая задача

$$w_t = aw_{xx} + \Phi(x, t), \quad x \geq 0, t \geq 0; \quad (5)$$

$$w(x, 0) = 0; \quad (6)$$

$$(w_x - kw)|_{x=0} = g(t). \quad (7)$$

имеет решение:

$$w(x, t) = \int_0^{\infty} f(\xi)G(x, \xi, t)d\xi - a \int_0^t g(\tau)G(x, 0, t - \tau)d\tau + \int_0^t \int_0^{\infty} \Phi(\xi, \tau)G(x, \xi, t - \tau)d\xi d\tau, \quad (8)$$

где

$$G(x, \xi, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi at}} \left\{ \begin{array}{l} \exp\left[-\frac{(x-\xi^2)}{4at}\right] + \exp\left[-\frac{(x+\xi^2)}{4at}\right] \\ -2k \int_0^\infty \exp\left[-\frac{(x+\xi+\eta)^2}{4at} - k\eta\right] d\eta \end{array} \right\}. \quad (9)$$

В нашем случае функция в правой части $\Phi(x, t) = \exp(-\alpha x)$ не зависит от времени, граничные и начальные функции взяты равными 0, поэтому решение (8) можно записать в виде:

$$w(x, t) = \int_0^\infty e^{-\alpha\xi} G(x, \xi, t) d\xi, \quad (10)$$

где вслед за вычисления интеграла (9), имеем:

$$G(x, \xi, t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi at}} \left(\begin{array}{l} \exp\left(-\frac{(x-\xi^2)}{4at}\right) + \exp\left(-\frac{(x+\xi^2)}{4at}\right) - \sqrt{\pi at} \cdot \\ \exp\left(k^2 at + k \cdot |x + \xi|\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{2kat + |x + \xi|}{\sqrt{4at}}\right) \end{array} \right). \quad (11)$$

После относительно несложных преобразований получим следующий ответ:

$$w(x, t) = \frac{1}{a} \cdot \frac{e^{at\alpha^2}}{2\alpha^2} \left(\begin{array}{l} \operatorname{erfc}\left(\frac{2at\alpha - x}{\sqrt{4at}}\right) e^{-\alpha x} + \\ \operatorname{erfc}\left(\frac{2at\alpha + x}{\sqrt{4at}}\right) \frac{1 + \alpha - k}{\alpha - k} e^{\alpha x} \end{array} \right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{2atk + x}{\sqrt{4at}}\right) \frac{e^{k(atk+x)}}{2(\alpha - k)k^2} + \frac{(2\alpha k^2 x - \alpha kx - \alpha - k) \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4at}}\right)}{2k^2\alpha^2} - \frac{e^{-\alpha x}}{\alpha^2} + \frac{(2k-1)e^{-\frac{x^2}{4at}}\sqrt{at}}{\sqrt{\pi k\alpha}} - \frac{x(2k-1)}{2\alpha k} + \frac{(k+\alpha)}{2k^2\alpha^2}. \quad (12)$$

Несложно убедиться, что уравнения (2) и (3) выполняются, тогда как для уравнения (4) получим:

$$(w_x - kw)|_{x=0} = \frac{1}{\sqrt{\pi\alpha^2 a}} \cdot \left(\left(\sqrt{\pi} \left(\operatorname{erf}(\sqrt{a} \cdot \alpha \sqrt{t}) - 1 \right) e^{a\alpha^2 t} - 2\sqrt{at} \cdot \alpha + \sqrt{a} \right) \cdot \left(-\frac{1}{2} + k \right) \right) \quad (13)$$

Рассмотрим систему с граничными и начальными условиями:

$$\begin{aligned} w_t &= aw_{xx} + \Phi(x), \\ w(x, 0) &= 0, \end{aligned} \quad (14)$$

$$D_1(w)(0, t) - kw(0, t) = 0.$$

которая эквивалентна системе:

$$u_t - au_{xx} = 0, \quad (15)$$

$$u(x, 0) + \Phi(x) = 0, \quad (16)$$

$$D_1(u)(0, t) - ku(0, t) = B, \quad (17)$$

$$B = D_1(\Phi)(0) - k\Phi(0), \quad (18)$$

$$w = u + \Phi(x), \quad (19)$$

$$\Phi_{xx} = -\frac{\Phi(x)}{a}. \quad (20)$$

Решение (12) – (14) будем искать по соотношению Будака Б. М. [4]:

$$u(x, t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty \frac{r \cos(rx) + k \sin(rx)}{k^2 + r^2} U(r, t) dr - \frac{B}{k}. \quad (21)$$

После подстановки получим:

$$\int_0^\infty \frac{\sqrt{2} (r \cos(rx) + k \sin(rx)) (ar^2 U(r, t) + U_t)}{\sqrt{\pi} (k^2 + r^2)} dr = 0, \quad (22)$$

$$ar^2 U(r, t) + U_t = 0,$$

$$U(r, t) = F(r) e^{-ar^2 t},$$

$$u = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty \frac{(r \cos(rx) + k \sin(rx)) F(r) e^{-ar^2 t}}{k^2 + r^2} dr - \frac{B}{k}. \quad (23)$$

Упростим выражение, поставив в (23) $t = 0$.

$$\int_0^\infty \frac{(r \cos(rx) + k \sin(rx)) F(r)}{k^2 + r^2} dr = -\frac{(\Phi(x) \sqrt{\pi} k - B \sqrt{\pi}) \sqrt{2}}{2k}. \quad (24)$$

Выразим $\psi(x)$:

$$\psi(x) = -\frac{(\Phi(0)\sqrt{\pi} + \Phi(x)\sqrt{\pi})\sqrt{2}}{2} + \frac{D(\Phi)(0)\sqrt{\pi}\sqrt{2}}{2k}, \quad (25)$$

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin(rx)F(r)}{k^2 + r^2} dr = e^{-kx} \int_0^x \psi(y)e^{ky} dy. \quad (26)$$

Аналогично для $F(r)$:

$$F(r) = \frac{\text{fourier sin} \left(e^{-kx} \left(\int_0^x \psi(y)e^{ky} dy \right), x, r \right) \sqrt{2}(k^2 + r^2)}{\sqrt{\pi}}. \quad (27)$$

Таким образом, выражение (23) примет следующий вид:

$$u = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} \frac{r \cos(rx) + k \sin(rx)}{\sqrt{\pi}}. \quad (28)$$

$$\text{fourier sin} \left(e^{-kx} \left(\int_0^x \psi(y)e^{ky} dy \right), x, r \right) \sqrt{2} e^{-ar^2 t} dr - \frac{B}{k},$$

$$u = \frac{2}{\pi^{\frac{3}{2}}} \left[\int_0^{\infty} -\frac{1}{8a^{\frac{3}{2}}t^{\frac{3}{2}}} \cdot e^{-kz} \left(\int_0^z \psi(y)e^{ky} dy \right) \sqrt{2\pi} \cdot e^{-\frac{x^2+z^2}{4at}} \right] - \frac{B}{k}. \quad (29)$$

Возьмем $\phi = x \rightarrow e^{-\alpha x}$, где $\Phi(0) = \frac{Q}{a}$, а $D(\Phi)(0) = \frac{A}{a}$. Тогда:

$$\Phi(x) = -\frac{e^{-\alpha x}}{\alpha^2 a} + \frac{(A\alpha - 1)x}{\alpha a} + \frac{Q\alpha^2 + 1}{\alpha^2 a}, \quad (30)$$

$$\psi(x) = -\frac{\sqrt{2\pi} \left(-e^{-\alpha x} k + \left(1 + (Ax + 2Q)\alpha^2 - \alpha x \right) k - A\alpha^2 \right)}{2\alpha^2 ak}, \quad (31)$$

$$B = \frac{1}{\alpha a} + \frac{A\alpha - 1}{\alpha a} - k \left(-\frac{1}{\alpha^2 a} + \frac{Q\alpha^2 + 1}{\alpha^2 a} \right). \quad (32)$$

Подставим (31), (32), (19) в уравнение (29). Положим, что $a > 0$, $t > 0$, и $k > 0$.

$$u = \frac{1}{a} \left(\frac{e^{at\alpha^2} \left(\operatorname{erfc} \left(\frac{2a\alpha t - x}{\sqrt{4at}} \right) e^{-\alpha x} - \frac{\operatorname{erfc} \left(\frac{2a\alpha t + x}{\sqrt{4at}} \right) e^{\alpha x} (k + \alpha)}{-\alpha + k} \right)}{2\alpha^2} + \frac{e^{\alpha k^2 t} e^{kx} \operatorname{erfc} \left(\frac{2akt + x}{\sqrt{4at}} \right) \cdot ((-2kQ + 2A) \cdot (-\alpha + k) + 1)}{k(-\alpha + k)} - \frac{((2kQ - 2A)\alpha^2 + \alpha + k) \operatorname{erf} \left(\frac{x}{\sqrt{4at}} \right)}{k\alpha^2} + \frac{(2kQ - 2A)\alpha + 1}{k\alpha} - \frac{1 - e^{-\alpha x}}{\alpha^2} \right) \quad (33)$$

Функция (33) решает следующую задачу:

$$\begin{aligned} w_t &= aw_{xx} + e^{-\alpha x}, \\ w(x, 0) &= 0, \\ (w_x - kw)|_{x=0} &= \frac{2(-Qk + A)}{a}. \end{aligned} \quad (34)$$

Вычисления производились в программном пакете Maple 2020 [5] в следующем интервале изменения параметров (рис. 1,2):

$$a = 0,01, \alpha = 2, k = 4, A = 1, Q = 0,25. \quad (35)$$

Рис. 2 показывает, что на поверхности образца температура быстро устанавливается практически на одном и том же уровне, однако по мере увеличения расстояния от поверхности время достижения насыщения по температуре быстро увеличивается.

Заключение

Анализ уравнения теплопроводности в данном контексте позволяет углубить понимание воздействия ИК-излучения на материалы, учитывая их теплофизические свойства. Предложенные результаты могут быть использованы при проектировании и оптимизации систем инфракрасной сушки для различных материалов.

$$a = 0.01, \alpha = 2, k = 4, A = 1, Q = 0.25$$

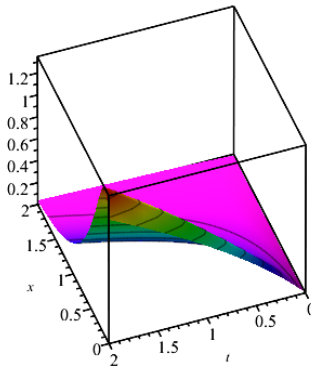


Рис. 1. Зависимость величины w от расстояния до поверхности образца и времени

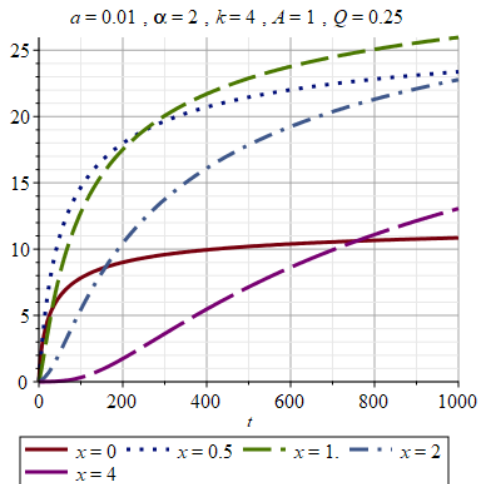


Рис. 2. Зависимость отклонения температуры образца от времени при различных расстояниях до поверхности

Список литературы

1. Сайко, Д. С. Устройство для ИК-конвективной сушки пектинсодержащих материалов / Д. С. Сайко, С. А. Титов, Д. Г. Андреев // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука,

образование и производство : VIII Международная научно-техническая конф. (Воронеж, 30 ноября 2022 г.). – Воронеж, 2023. – С. 359-362.

2. Antipov, S. T. System modelling of non-stationary drying processes / S. T. Antipov, A. I. Klyuchnikov, V. A. Panfilov // Foods and Raw materials. – 2019. – №1. – P. 93-106.

3. Полянин, А. Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики: справочник / А. Д. Полянин. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 592 с.

4. Будак, Б. М. Сборник задач по математической физике : [учебное пособие для студентов университетов] / Будак Б. М., Самарский А. А., Тихонов А. Н. - Изд. 2-е, испр.. – Москва : Наука, Физматлит, 1972. – 687 с.

5. Егоров, А. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения и система Maple / А. И. Егоров. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2016. – 392 с.

Математическое моделирование процесса приготовления жидкого сахара

Д. В. Арапов, email: arapovdv@gmail.com¹

С. В. Чикунов, email: chiksv@rambler.ru²

В. Н. Борог, email: veraborog@yandex.ru¹

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

² Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. В работе приведена математическая модель (ММ) процесса приготовления на основе сахарного песка жидкого сахара, используемого в пищевой промышленности. В модели принято, что сахарные кристаллы растворяются за счет следующих аддитивных процессов: диффузии, химической реакции сахара с несахарами, реакции гидратации сахарозы и вырывания раствором молекул сахара из кристалла из-за движения фазовой границы раствор-кристалл. ММ состоит из двух дифференциальных уравнений, описывающих количество растворившихся и оставшихся нерастворенными кристаллов. Погрешность модели не превышает погрешности опытов, используемых для ее построения.

Ключевые слова: жидкий сахар, образование комплекса сахар-несахар-вода, экспериментальные данные, математическая модель.

Введение

Основным подсластителем в пищевой и фармакологической промышленности является сахар, который все более часто используется в виде 64 % ненасыщенного раствора. Для этого, сахарный песок полученный после 1-ой кристаллизации, промывки и центрифугирования подают в клеровочные аппараты, оснащенные паровыми барботерами с мешалками. В барботеры подают острый насыщенный пар с температурой 132-136 С отработанный в турбине ТЭЦ. Далее сахарный песок растворяют в аппаратах в конденсате выпарных станций или чистой воде до концентрации 64 % сухих веществ. Процесс заканчивают при температуре 85-87 С, рН раствора поддерживают в пределах 6,8-7,2. Затем раствор фильтруют, очищают адсорбентом (высший сорт) или фильтропирлитом (первый сорт) в зависимости от категории и закачивают в складские емкости для хранения и отгрузки потребителям. Для недопущения заражения

микроорганизмами производственные и складские емкости, которые могут сообщаться с атмосферным воздухом, оснащаются специальными антибактериальными фильтрами. Температура хранения 25-40 С. Жидкий сахар высшего сорта используют в фармакологии, безалкогольной и кондитерской промышленности, первого сорта – в остальных отраслях пищевой индустрии.

Целью работы является разработка и исследование математической модели процесса приготвления жидкого сахара для создания на ее основе информационно-управляющей системы процесса.

1. Материалы и методы

1.1. Описание химизма процесса

В многокомпонентном сахарном растворе одна часть сахарозы связана с водой [1, 2], а другая – с неорганическими и органическими веществами, называемыми несахарами, которые в небольшой концентрации высаливают сахарозу, снижая ее растворимость, а в большей – значительно увеличивают. Причина этого явления в гидратации при малых концентрациях несахаров ионов их солей или молекул с полярными группами неэлектролитов, При определенной концентрации комплекса несахаров сахароза вступает с этим комплексом в химическую реакцию, что объясняет образование основного отхода сахарного производства – мелассы [2]. Вероятно, образуется достаточно устойчивое соединение в результате итоговой химической реакции молекул сахарозы (СХ), несахара (НСХ) и воды:

$$mСХ + nНСХ + kНОН \xrightleftharpoons[K_p]{K_o} mСХ - nНСХ - kНОН$$

где m, n и k – коэффициенты стехиометрии; K_o, K_p – соответственно скорости реакций образования и распада комплекса. Они являются функциями массового отношения несахар/вода и пересыщения раствора.

Растворимость сахара в поликомпонентном растворе, выраженная [1, 3] через термодинамическую концентрацию или активность, равна:

$$C_a = \gamma \cdot Z, \quad (1)$$

где C_a – активность насыщенного раствора сахара; Z – отношение сахар/вода; γ – коэффициент активности:

$$\lg \gamma = b \cdot Z + \sum_i^K \beta_i \cdot \mu_i + \sum_j^M B_j \cdot N_{nj}, \quad (2)$$

где b, β_i, B_j – коэффициенты; μ_i – сила ионная i -го электролита; N_{nj} – отношение масс: (j электролит)/вода.

Ввиду невозможности на практике такого расчета упростим правую часть (2) до функции $\varphi(Z, N)$, где N – отношение сахара/вода:

$$\lg \gamma = \varphi(Z, N). \quad (3)$$

Подставив (3) в (1) получим [4]:

$$C_a = Z \cdot 10^{\varphi(Z, N)}, \quad (4)$$

Для расчета коэффициента насыщения поликомпонентных сахарных растворов [5, 6] служит формула:

$$\alpha_H = 1 + a_1 N \cdot (a_2 t + a_3 \ln(t) - t^2) + a_4 N^2 \cdot (a_5 t + a_6 \ln(t) - t^2) + a_7 (N \cdot t)^{m1} / \left(\frac{H_0}{100 - H_0} \right)^{m2}, \quad (5)$$

где $a_1, \dots, a_7, m1, m2$, α_H – коэффициенты модели и насыщения соответственно; t – температура, С.

Экспериментально установленными фактами является то, что: а) грани сахарного кристалла растворяются с разной скоростью; б) более мелкие кристаллы растворяются с большей скоростью, чем более крупные. Из этого можно сделать вывод о вероятностном характере процесса растворения сахарного песка при его производстве или использовании в пищевой промышленности [7] в виде растворов.

1.2 Экспериментальная основа модели

Опытная база ММ – это эксперименты А. Бригель-Мюллера [7], реализованные при температурах 30, 50, 70 °С. Промежуток изменений концентрации сахара в растворе 60–100%, а суммы концентраций сахара и сахара 64–95 %. В статике, с помощью торсионных весов определялась скорость растворения кристаллов от 40 до 150 мг или до 5 г, подвешенных на нейлоновой нити в растворе с приготовленными свойствами – доброкачественностью и содержанием сухих веществ. Убыль кристаллической массы определялась по разнице масс в начале и конце опыта. Время опыта строго фиксировалось.

У поверхности образца (рис. 1) образуются нисходящие потоки концентрации. В этом случае критерий Архимеда равен [8]:

$$Ar = \frac{9,8065 \rho_H^2 l^3}{\mu^2} \cdot \frac{\rho_H - \rho_P}{\rho_P}, \quad (6)$$

где Ar – критерий Архимеда; ρ_H , ρ_P – плотность раствора насыщенного и разбавленного; l – эквивалентный размер кристалла; μ –

динамическая вязкость насыщенного раствора [9]. Параметр l равен:

$$l = d_{\text{экс}} = \left(\frac{6V_{\text{ш}}}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}}, \text{ где } V_{\text{ш}} - \text{объем эквивалентного кристаллу шара.}$$

2. Результаты исследования

При разработке ММ кинетики растворения приняты следующие допущения. В разбавленном растворе химическая реакция СХ, НСХ и Н₂О сдвинута вправо. Получаемое соединение тем устойчивее, чем выше концентрация несахаров в растворе. В насыщенном растворе – скорости образования и распада одинаковы. В пересыщенном растворе реакция смещена влево, и сахароза выпадает в осадок. Сахар растворяется за счет следующих аддитивных процессов: диффузии, химической реакции СХ – НСХ, реакции гидратации сахарозы и вырывания раствором молекул сахара из кристалла из-за движения фазовой границы раствор-кристалл:

$$K_{\text{dis}} = \frac{dm}{d\tau \cdot F} = k_D (C_H - C_P) + k_X C_H + k_{II} (C_{H1} - C_P)^{m3} + k_O (C_{H2} - C_P)^{m4}, \quad (7)$$

где $K_{\text{dis}} = \frac{dm}{d\tau \cdot F}$ – скорость растворения кристалла, $г / м^2 \cdot мин$; k_D, k_X, k_{II}, k_O – коэффициенты-функции; C_H, C_{H1}, C_{H2} – активности в состоянии насыщения в объеме раствора и возле граней кристалла; C_P – активность разбавленного раствора; $m3 - m4$ – подлежащие определению порядки реакций.

$$C_H = Z_K \alpha_H \exp(2,302585093 \cdot (a_8 Z_K \alpha_H + a_9 / Z_K \alpha_H + a_{10} Z_K \alpha_H / T + a_{11} \ln(Z_K \alpha_H) + a_{12} Z_K \alpha_H / (T(Z_K \alpha_H + a_{13} N)) + a_{14} Z_K^2 \alpha_H^2 / (T(Z_K \alpha_H + a_{15} N))^2)) \cdot \exp(-a_{16} \cdot (N + 10^{-10})^{m5}); \quad (8)$$

$$C_P = Z \exp(2,302585093 \cdot (a_{17} Z + a_{18} / Z + a_{19} Z / T^2 + a_{20} \ln(Z) + a_{21} Z / (T(Z + a_{22} N)) + a_{23} Z^2 / (T(Z + a_{24} N))^2)) \times \exp(-a_{16} \cdot (N + 10^{-10})^{m5}); \quad (9)$$

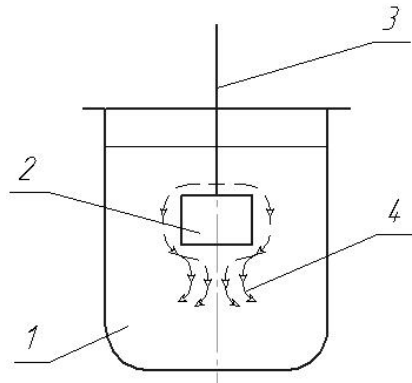


Рис. 1. Схема опытов: 1–раствор; 2–кристалл; 3–нейлоновая нить; 4–движение концентрационных потоков

$$C_{H1} = \gamma_1 C_H \exp(-\gamma_2 C_H); \quad (10)$$

$$C_{H2} = \gamma_3 C_H \exp(-\gamma_4 C_H), \quad (11)$$

где Z_K – параметр сахар/вода в чистом насыщенном растворе; T – температура, °K; α_H – коэффициент насыщения, формула (5); $a_8 - a_{24}$, $\gamma_1 - \gamma_4$, $m5$ – коэффициенты.

$$k_D = a_{25} \alpha_H^{m6} T^{m7} \mu^{m8}, \quad (12)$$

где a_{25} , $m7 - m8$ – коэффициенты.

$$k_X = a_{26} \cdot (\alpha_H / \mu)^{m9} \exp(-a_{27} \alpha_H / \mu), \quad (13)$$

где a_{26} , a_{27} , $m9$ – коэффициенты.

Для поверхностной гидратации [10]:

$$k_{II} = \frac{1}{(a_{28} + a_{29}N)^{m10}} \cdot \exp\left(\frac{a_{30} + a_{31}Q^3 + a_{32}Q^2 + a_{33}Q}{T}\right) \times \exp\left(\left(\frac{-a_{34}}{(a_{28} + a_{29}N)^{m10}}\right) \cdot \exp\left(\frac{a_{30} + a_{31}Q^3 + a_{32}Q^2 + a_{33}Q}{T}\right)\right), \quad (14)$$

где Q – концентрация сахара в сухих веществах (чистота, доброкачественность), доли ед.; $a_{28} - a_{34}$, $m10$ – коэффициенты.

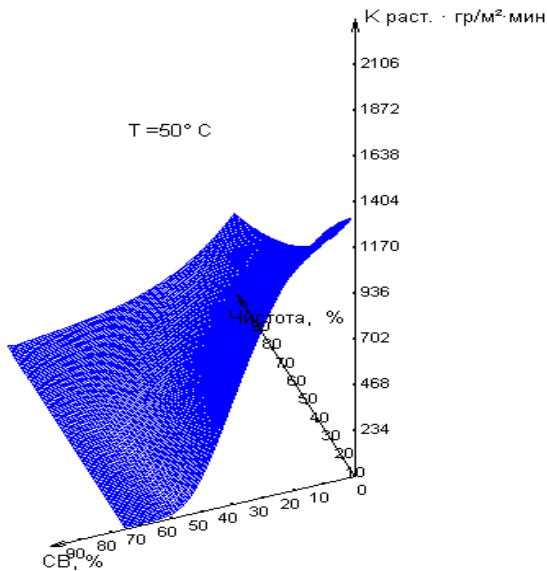


Рис. 2. Расчетные значения растворимости сахара при температуре 50 °С

$$k_0 = \sigma^{m11} Ar^{m12} \cdot \exp\left(\frac{a_{35}}{(1 + a_{36} \cdot Q)^{m13}} + a_{37} + \frac{a_{38} + a_{39}T + a_{40}T^2}{T^{m14}}\right), \quad (15)$$

где σ – натяжение на пограничной поверхности кристалл – раствор, $H / м$; формула расчета приведена в [11, 12]; a_{35}, \dots, a_{40} , $m11, \dots, m14$ – коэффициенты.

Плотность в (6) определяли по [13]. Параметр l в (6) рассчитывали согласно выражению:

$$l = a_{40} \cdot \exp((-a_{40} \cdot Q \cdot CV \cdot T) / 273,15) \quad (16)$$

где CV – содержание сухих веществ в растворе, доли ед.

Содержание в чистой воде сухих веществ предполагалось равным $CV = 10^{-10}$ дол. ед. Чистота раствора (содержание сахара) изменялась от 10^{-10} до 1,0.

Для определения 58 коэффициентов ММ минимизировали среднее квадратичное отклонение расчетных значений скорости от 255 опытных данных А. Бригель-Мюллера.

Коэффициенты в (5) определялись по тем опытам, в которых скорость растворения приближается к 0. Их значения:

$$a_1 = -0,7672 \cdot 10^{-4}; a_2 = -132,5202; a_3 = -19,2118; a_4 = -0,1338 \cdot 10^{-2}; \\ a_5 = -7,1979; a_6 = -1361,4103; a_7 = -1,0795; m_1 = 1,9552; m_2 = 6,606.$$

Погрешность модели $\pm 9,6$ % отн., конечная величина шага итераций 10-6.

На фиг. 2 приведены модельные величины растворимости при $t = 50$ °С. С ростом температуры скорость растворения растет. Зависимость от чистоты и концентрации сухих веществ носит нелинейный обратно пропорциональный характер.

ММ кинетики растворения белого сахара-песка в подогреваемых острым паром аппаратах с мешалками в чистой воде и промышленных водных растворах, основанная на соотношениях (5) – (16) с учетом формул Грабки [14] по взаимосвязи характерного размерного параметра кристалла с его массой и поверхностью состоит из двух дифференциальных уравнений:

$$\frac{dM(\tau)}{d\tau} = 4.377 \cdot 10^{-\frac{11}{3}} \cdot (K_{cr}^0 \cdot M_{mas})^{\frac{1}{3}} M(\tau)^{\frac{2}{3}} \cdot K_{dis}(\tau) / l_0 \quad (17)$$

$$\frac{dK_{cr}(\tau)}{d\tau} = -4.377 \cdot 10^{-\frac{5}{3}} \cdot (K_{cr}^0 \cdot M_{mas})^{\frac{1}{3}} M(\tau)^{\frac{2}{3}} \cdot K_{dis}(\tau) / (l_0 \cdot M_{mas}) \quad (18)$$

При $\tau = 0$, $M(\tau) = 0$; $K_{cr}^0 = 100\% \cdot M_{cr}^0 / M_{mas}$, где M – количество растворившейся сахарозы; M_{mas} – общая масса кристаллов и растворителя, M_{cr} – масса кристаллов.

Заключение

В рамках данной работы удалось, основываясь на предположении вероятностного характера процесса, разработать более совершенную математическую модель растворимости сахарных кристаллов, которая может быть использована при приготовлении жидкого сахара в пищевой промышленности. С целью повышения универсальности дальнейшее усовершенствование модели будет направлено на учет каталитического распада под действием катионов воды $[H^+]$ сахарозы на глюкозу и фруктозу и дальнейшего распада этих моносахаридов, а также диссоциации сахарозы, моносахаридов и продуктов их распада в водных растворах и изменение pH раствора. наблюдается.

Список литературы

1. Герасименко, А.А. Кристаллизация сахара / А.А. Герасименко. – Киев: Наукова Думка, 1965. -361с.

2. Гнездилова, А.И. Физико-химические основы мелассообразования и кристаллизации лактозы и сахарозы в водных растворах / А.И. Гнездилова, В.М. Перелыгин. – Воронеж: Изд. ВГУ, 2002. -96 с.
3. Принципы технологии сахара / Под ред. П. Хонига. – М.: Пищепромиздат, 1961. -616 с.
4. Петров, С.М. Кинетическая модель скорости роста кристаллов сахарозы из чистых и нечистых растворов / С.М. Петров, В.А. Курицын, Д.В. Арапов // Сахар. – 2004. – №6. – С. 26-29.
5. Петров, С.М. Расчет коэффициента насыщения нечистых сахарных растворов / С.М. Петров, Д.В. Арапов, В.А. Курицын // Сахар. -2005. -№1. -С. 42 -45.
6. Петров, С.М. Уравнения для расчета на ЭВМ физико-химических свойств водных растворов сахарозы / С.М. Петров, Д.В. Арапов, В.А. Курицын // Сахар. -2014. -№4. -С.44 -53.
7. Arapov, D.V. Simulation of the rate of dissolution of sucrose crystals / D.V. Arapov, V.A. Kuritsyn, S.M. Petrov, N.M. Podgornova // Journal of Food Engineering. – 2022. – Т. 318. – С. 110887.
8. Гельперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н.И. Гельперин. В 2-х кн. -М.: Химия, 1981. -812 с.
9. Петров, С.М. Модель вязкости водных сахарных растворов / С. М. Петров, В. А. Курицын, Д. В. Арапов // Сахар. -2004. -№2. -С. 31 -33..
10. Тужилкин, В. И. Кристаллизация сахара / В.И. Тужилкин. -М.: Изд. комп. МГУПП, 2007. – 336 с.
11. Арапов, Д.В. Вероятностная модель кинетики растворимости и кристаллизации сахарозы в поли-компонентных растворах / Д.В. Арапов, В.А. Курицын // Итоги науки. Выпуск 19. Глава 6. Избранные труды Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки. – М.: РАН, 2015.-С.116-140.
12. Арапов, Д.В. Моделирование растворения и роста сахарных кристаллов / Д. В. Арапов, С. Л. Подвальный, С. Г. Тихомиров // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2019. – Т.15. – №2. – С. 29-41.
13. Синат-Радченко, Д. Е. Расчетные зависимости теплофизических свойств сахарных растворов / Д. Е. Синат-Радченко, С. М. Василенко, К.О. Штангеев // Сахар. – 2004. – №1. – С. 43.
14. Грабка, Я. Процесс уваривания утфелей при заводе кристаллов специальной пастой / Я. Грабка // Сахарная промышленность. – 1987. – №12. -С.22 -25.

**Разработка системы генерации документов государственной
регистрации объектов интеллектуальной собственности для
отдела защиты интеллектуальной собственности
Воронежского государственного университета**

Е. А. Бабкина, email: bkatya5577@gmail.com
Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной статье предложена реализация серверной части веб-приложения для генерации документов, регистрирующих и закрепляющих право на результат интеллектуальной деятельности, на основе данных, получаемых от автора.*

***Ключевые слова:** документы, автоматизация рутинных задач, прикладная задача, интеллектуальная деятельность, интеллектуальная собственность, веб-приложение.*

Введение

В настоящее время в условиях постоянного развития технологий появляются все новые результаты интеллектуальной деятельности различных авторов. Защита прав на интеллектуальную собственность играет ключевую роль в поддержке инновационной и творческой активности в обществе, следовательно, процессы регистрации прав должны быть эффективными и надежными. Это особенно важно в контексте регистрации интеллектуальной собственности, где даже малейшие неточности могут привести к потере прав и возникновению юридических сложностей.

Данная тема является крайне актуальной, так как в современном мире тема документооборота, связанного с интеллектуальной собственностью, особенно востребована.

Подача заявки на регистрацию интеллектуальной собственности сопровождается большим количеством стандартных документов. Задача обработки этих документов является сложной и рутинной. Необходимо, чтобы автор подал заявку, сотрудник отдела прислал ему шаблоны документов. Автор должен заполнить документы вручную, подать их на согласование. В процессе проверки возможно внесение правок и повторная подача документов. Только после полного согласования и после всех внесенных исправлений происходит прием документов.

Данные действия требуют внимательности авторов объектов интеллектуальной собственности и сотрудников соответствующего отдела Воронежского государственного университета, большого количества времени и чревата ошибками, так как документы заполняются не автоматически, а вручную. Дополнительные, зачастую избыточные действия, а также участие людей в процессе повышает шансы ошибок и замедляет ведение дел, связанных с результатами интеллектуальной деятельности.

Автоматизированный подход к выполнению повторяющихся действий является наиболее современным и эффективным решением подобных проблем, как показано в [1-8].

Для устранения вышеописанных сложностей с документооборотом началась разработка веб-приложения, формирующего файлы, соответствующие всем необходимым для регистрации интеллектуальной собственности документам. Данные, подставляемые в шаблоны документов, пользователь вводит на сайте. На выходе он получает заполненные документы, готовые к подаче в отдел интеллектуальной собственности.

1. Постановка задачи

К описываемому в статье веб-приложению для автоматизации генерации документов отдела интеллектуальной собственности были выдвинуты следующие функциональные требования:

- Возможность введения данных пользователем;
- Автоматическая генерация документов для отдела интеллектуальной собственности на основе введенных данных;
- Возможность скачивания сгенерированных документов.

2. Средства реализации веб-приложения

В процессе работы были использованы следующие технологии:

- Java. Строго типизированный объектно-ориентированный язык программирования, характеризующийся платформенезависимостью. Он широко используется для написания интернет-приложений и обладает следующими преимуществами: масштабируемость, богатая стандартная библиотека, поддержка большого сообщества разработчиков.
- Spring Boot. Популярный фреймворк для создания веб-приложений с использованием Java. Это часть фреймворка Spring, которая представляет собой набор инструментов и библиотек для создания приложений корпоративного уровня. Он обладает следующими преимуществами: ускорение разработки благодаря автоматической настройке и управлению

зависимостями, интеграция с другими модулями и библиотеками Spring.

- IntelliJ IDEA. Интегрированная среда разработки программного обеспечения для многих языков программирования, в частности Java. Она обладает следующими преимуществами: большой выбор инструментов для работы с кодом, эргономичность, инструменты для удаленной работы.
- JasperSoft Studio. Дизайнер отчетов JasperReports, позволяет создавать шаблоны отчетов и сами отчеты из любого источника данных, форматировать внешний вид отчетов, экспортировать отчеты в широкий спектр форматов.

3. Реализация логики веб-приложения

Веб-приложение имеет клиент-серверную архитектуру. Клиентская и серверная части взаимодействуют по принципам REST API.

Серверная часть веб-приложения написана на языке Java. Для её реализации был использован фреймворк Spring Boot.

Реализованная часть программного комплекса получает данные от пользователя и формирует на их основе документы для отдела интеллектуальной собственности.

Spring Boot подразумевает разделение приложения на модули, которые будут описаны далее. Каждый модуль организован в виде отдельного пакета и состоит из классов.

Опишем реализацию модулей подробнее:

– Модуль приложения. Это основной модуль, который содержит классы и настройки, связанные с запуском и конфигурацией приложения Spring Boot. В этом модуле находится главный класс приложения с аннотацией `@SpringBootApplication`, откуда запускается приложение.

– Модуль контроллеров. В этом модуле находятся классы контроллеров, отвечающие за обработку HTTP-запросов и взаимодействие с клиентом (браузером). Контроллеры содержат аннотации `@RestController` и `@RequestMapping`, для определения эндпоинтов и обработки запросов. В этом модуле находится единственный контроллер приложения: `DocumentsController`. В нем в виде поля хранится сервис, отвечающий за логику, а также метод `generateDocuments`. Этот метод обрабатывает POST-запрос, полученный от клиента, и вызывает метод сервиса для преобразования переданных данных и генерации всех необходимых документов.

– Модуль конфигурации. В этом модуле находятся классы конфигурации Spring, которые содержат настройки, связанные с приложением. В случае разрабатываемого приложения в модуле конфигурации только один класс `SecurityConfig`, в котором определены и

настроены основные компоненты Spring Security для обеспечения безопасности серверной части приложения. Данный файл конфигурации настраивает основные компоненты безопасности Spring Security, а именно шифрование паролей (используется BCryptPasswordEncoder, который предоставляет безопасное хеширование паролей), правила авторизации (позволяют определить права доступа пользователя к различным ресурсам), фильтры безопасности и управление пользователями.

- Модуль сервисов. Этот модуль содержит бизнес-логику приложения, которая обрабатывает запросы, полученные от контроллеров. Здесь находится единственный класс сервиса с аннотацией @Service: DocumentsService. В этом классе находится публичный метод generateDocuments, который вызывает приватные методы генерации каждого документа.

- Модуль сущностей. Этот модуль содержит классы, отображающие сущности предметной области. В данном случае в модуле находятся классы всех документов, которые хранят данные, необходимые для заполнения этих документов.

- Модуль DTO. DTO (Data Transfer Object) является компонентом в архитектуре приложения, который используется для обмена данными между клиентской и серверной частями приложения. Целью DTO является упрощение передачи данных и уменьшение количества запросов, необходимых для обмена информацией. DTO пересылаются между клиентской и серверной частями приложения в формате JSON. В разрабатываемом приложении есть класс UserDataDto, который хранит все данные, полученные от пользователя, и в процессе программы преобразуется в сущности, соответствующие документам.

- Модуль мапперов (mapper). Этот модуль содержит классы, описывающие логику преобразования DTO в сущности. В приложении созданы классы мапперов, соответствующие каждому из необходимых документов. В каждом классе есть метод dtoToEntity, который преобразует UserDataDto в соответствующую сущность. Эти методы вызываются сервисом.

Для формирования документов с помощью Jasper Reports были созданы шаблоны. Они представляют собой файлы с разрешением jghtml. Шаблоны редактируются в программе Jaspersoft Studio, где можно менять их внешний вид, настраивать поля, отступы, шрифты. На основе XML-шаблонов генерируются готовые для печати документы. Созданные шаблоны хранятся в папке resources.

Логика приложения можно описать следующим образом: пользователь вводит на сайте данные, необходимые для заполнения

документов (ФИО, название проекта и так далее). При нажатии на кнопку для генерации документов на сервер отправляется post-запрос. Этот запрос обрабатывается контроллером, в котором вызывается метод сервиса для генерации документов. В этом методе полученные от пользователя данные преобразуются в сущности, которые передаются в методы для генерации конкретных документов. По итогам работы приложения пользователь получает несколько документов, которые могут быть скачены.

Заключение

В данной статье была рассмотрена реализация серверной части веб-приложения для генерации документов, регистрирующих и закрепляющих право на результат интеллектуальной деятельности. На данный момент в приложении формируются все необходимые для регистрации интеллектуальной собственности документы. Планируется добавить пользовательский интерфейс для взаимодействия клиентов с веб-сервером.

Список литературы

1. Васянкин, А. А. Модификация понятия «электронный документ» в системе электронного документооборота / А. А. Васянкин, Э. В. Кузьмина // Кайгородовские чтения : Материалы региональной научно-практической конференции, Краснодар, 29 апреля 2010 года / Краснодарский государственный университет культуры и искусств. – Краснодар: Краснодарский государственный университет культуры и искусств, 2010. – С. 75-79.
2. Крягин, Р. В. Система электронного документооборота, защищенный электронный документооборот и преимущества перехода на электронный документооборот / Р. В. Крягин // Студенческий форум. – 2022. – № 41-2(220). – С. 17-19. – EDN TVRBVNB.
3. Суровцева, Н. Г. О типовых функциональных требованиях к системам электронного документооборота и системам хранения электронных документов / Н. Г. Суровцева // Секретарь-референт. – 2020. – № 9. – С. 20-26. – EDN SRXUOK.
4. Разработка программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, И. И. Дмитриева, И. Р. Корнилов [и др.] // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 901-906. – EDN GCRTDP.

5. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131. – EDN TMFGUT.

6. Реализация проекта по созданию реляционной базы данных для Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. Г. Потапов, А. В. Порядин, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 132-137. – EDN FEIMCC.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023661037 Российская Федерация. Приложение для автоматизации документооборота дополнительного образования : № 2023618813 : заявл. 03.05.2023 : опубл. 25.05.2023 / А. С. Гольшева, Е. А. Копытина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». – EDN NBUVMM.

8. Претков, А. И. Разработка программного комплекса для автоматизации формирования документов основных профессиональных образовательных программ высшего образования факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета / А. И. Претков, Е. А. Копытина // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазина, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 907-912. – EDN ENWODO.

О роли страхования в микрофинансировании

О. Б. Байрамов, email: orudzh_bayramov@mail.ru

ФИЦ ИУ РАН, Россия, г. Москва

***Аннотация.** Рассматривается простая модель процесса микрофинансирования и обсуждаются вопросы его зависимости от сроков погашения кредита и процентных ставок. Кратко обсуждается вопрос инвестирования средств в деятельность микрофинансовых структур.*

***Ключевые слова:** микрофинансирование, микрофинансовая организация, заемщик, инвестирование, процентные ставки, страхование займа.*

Введение

Микрофинансирование формировалось в 70-е годы 20-го столетия и его предназначением принято считать борьбу с бедностью. В настоящее время микрофинансирование остается гибкой и динамичной частью экономической деятельности населения большинства стран. В этой сфере задействованы десятки миллионов людей, финансовый охват – десятки миллиардов долларов. Устойчивое развитие микрофинансовой деятельности тесно связано с возможностью инвестирования этой сферы, поддержкой государств и правительств путем создания условий в области страхования, на законодательном уровне и др. В частности, в России принят Федеральный закон от 02.07.2010 № 151-ФЗ «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовых организациях». Дальнейшее развитие микрофинансовой сферы невозможно без решения вопросов инвестирования, управления рисками в этой области – хеджирования, диверсификации, страхования. Микрофинансирование можно рассматривать как деятельность по выдаче небольших, краткосрочных и дорогостоящих займов ([1]). Основными этапами процесса функционирования микрофинансовых организаций (МФО) являются выбор клиента для выдачи займа и определение процентных ставок одобренных займов. Стабильное функционирование МФО определяется доступными (собственными и привлеченными) средствами. Нерешенные проблемы с привлечением инвестиций связаны с осторожностью инвесторов – на сегодняшний день не существуют механизмов полного возвращения вложенных средств. Здесь возникает вопрос страхования привлеченных средств инвесторов

для МФО с одной стороны и аналогичный вопрос страхования выданных МФО займов заемщикам с другой стороны.

1. Страхование инвестиций и займов

Деятельность МФО – финансовый риск. Финансовые риски включают в себя: риски рентабельности, риски потери покупательной способности денег, инвестиционные риски. Финансовые риски, как правило, обусловлены, факторами и решениями связанными с управлением денежными потоками, которые формируют денежные фонды организации- фонд накопления, резервные фонды, фонд потребления и свободные остатки денежных средств. Страхование финансовых рисков – это страхование, предусматривающее обязанности страховщика по страховым выплатам в размере полной или частичной компенсации потерь доходов (дополнительных расходов) лица, в пользу которого заключен договор страхования.

Сотрудничество микрофинансовых структур и страховых компаний не складывается по ряду причин. Одна из основных- микрофинансирование остается крайне рискованным видом финансовой деятельности, здесь наблюдается 20-30% невозврата займов, с которыми имеют дело МФО. Большие проблемы с финансированием микрофинансовой деятельности - превращают бизнес в слабо предсказуемую игру. По-прежнему микрофинансовый бизнес остается недостаточно прозрачным для страховщиков. И в-третьих, объем инвестиций частных клиентов в МФК остается пока небольшим, чтобы заинтересовать серьезный страховой бизнес. В то же время снижение доходности по вкладам, а также сохранение на прежнем уровне максимума страховых выплат АСВ, способствует снижению привлекательности банковских депозитов у вкладчиков. Снизить риски вложений в микрофинансовые компании можно за счет диверсификации вложений, что в силу ограничений минимальной суммы под силу только очень обеспеченному инвестору.

Актуальным остаются вопросы страхования займов МФО, выданным заемщикам. В свою очередь, здесь срок действия договора между МФО и заемщиком и его продление имеет немаловажное значение.

В процессе деятельности МФО определяющими факторами являются принятие решения о выдаче займа и условия выдачи. Выдача займа или отказ о выдаче основывается на анализе кредитной истории заемщика ([2]).

Микрофинансирование является элементом управляемого экономического процесса и многие вопросы, связанные с математическим моделированием подобных процессов подробно

рассмотрены и проанализированы, напр., в [3], [4]. В некоторых базовых моделях взаимоотношение между МФО и заемщиком затронуто в рамках поведения заемщика только с момента получения кредита до истечения срока его погашения ([5]). На практике встречаются случаи, когда МФО согласовывают с заемщиком вопрос погашения долга и после истечения его срока. Встречаются случаи, когда МФО обращается в страховые компании для страхования выданного займа и то же самое предлагает заемщику, что по мнению некоторых авторов, создает доверие между ними.

Рассмотрим простую модель функционирования МФО. Пусть МФО в интервале времени $[T^1, T^2]$ занимается обслуживанием N заемщиков, выделяя для этой цели средства для каждого заемщика в размере $R_i(0)$ в момент $t_i^1, i = 1, \dots, N$, $R_0 = \sum R_i(0)$. В момент времени $t_i^2, i = 1, \dots, N$ по каждому заемщику МФО рассчитывает получить

$$R_i = (1 + q_i) \cdot Q_i,$$

где Q_i – размер запрашиваемого i -м заемщиком займа, $Q_i = R_i(0)$, q_i – процентные ставки для рассматриваемого займа, которые согласовывают между собой МФО и конкретный заемщик.

К вопросу о составляющих q_i мы еще вернемся. Заемщик обязуется погасить кредит в интервале времени $[t_i^1, t_i^2]$, например, равными частями $1/k \cdot (1 + q_i) \cdot Q_i$ за k раз. Таким образом, в идеале МФО в конце интервала времени $[T^1, T^2]$, после обслуживания всех заемщиков рассчитывает получить сумму

$$R = \sum_{i=1}^N R_i.$$

На практике, однако часто встречается другая картина – часть заемщиков полностью и в срок погашает свой кредит, другая часть заемщиков не укладывается в собственный интервал $[t_i^1, t_i^2]$ погашения кредита и по заранее обговоренной схеме продолжает погашать долг, заплатив еще определенную сумму w_i («за просрочку»), которую заранее согласовывают с МФО и еще часть заемщиков по разным обстоятельствам оказывается неплатежеспособным начиная с момента времени $t_i^3 \in [t_i^1, t_i^2]$. В свою очередь, самому МФО в последнем случае за обслуживание кредита i -го заемщика, в интервале времени $[t_i^2 + 1, T^2]$ приходится тратить средства в размере z_i .

При определении и назначении q_i , w_i МФО пользуется доступными базами о кредитных историях заемщиков. Часто эти параметры отличаются между собой (редкое совпадение некоторых из q_i наблюдается, например, при групповом обращении заемщиков из одного региона или людей одной профессии, мигрантов и др.). Кроме изучения информации кредитной истории конкретного заемщика, также на выбор МФО влияет реальная ситуация с накопленными долгами и др., поэтому логично рассматривать q_i , w_i как управляющие параметры (управление) и установить их формальную зависимость от скоринговой оценки i -го заемщика: $q_i = \varphi_i(s)$, $w_i = \omega_i(s)$.

Таким образом, состояние процесса функционирования МФО относительно i -го заемщика после истечения времени погашения его кредита t_i^2 записывается следующим образом:

$$R_i = (1 + \varphi_i(s)) \cdot Q_i + \omega_i(s) - z_i. \quad (1)$$

2. Модель МФО со страхованием займа

В настоящее время деятельность МФО во многих странах происходит при участии соответствующих государственных структур и в рассматриваемой модели в качестве его представителя выступает страховая компания. В федеральном законе №151-ФЗ от 02.07.2010 г. (ред. от 06.12.2021 г. «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовой организации») фигурирует статья 13 (Страхование рисков микрофинансовой организации и формирование целевых фондов). Рассматривается деятельность МФО при участии государственной страховой компании. Мы считаем, что для МФО в страховании всей суммы займа конкретного заемщика нет необходимости. Скоринговый балл конкретного заемщика s_i , $0 \leq s_i \leq 1$ «подсказывает» МФО ограничиться страхованием части выданного займа конкретному заемщику (за исключением, например, «потенциально проблемных», с большим размером займа и др.), а именно,

$$Q_i^r = (1 - s_i) \cdot Q_i.$$

Тогда размер взноса МФО в страховую компанию равен

$$\alpha \cdot (1 - s_i) \cdot Q_i, \quad 0 < \alpha < 1.$$

Будем считать, что государство компенсирует МФО часть взноса $\beta \cdot Q_{ir}$, $0 < \beta < 1$, окончательный размер взноса МФО в страховую компанию составляет

$$L_i = (1 - \beta) \cdot \alpha \cdot Q_i^r.$$

Следовательно, после истечения срока возврата займа i -м заемщиком МФО рассчитывает на

$$R_i(t) = (1 + \varphi_i(s)) \cdot Q_i + \omega_i(s) - z_i - L_i. \quad (2)$$

Теперь займемся уточнением параметра w_i . Процесс функционирования деятельности рассматривается в интервале $[0, T]$, где $T > t_i^2$ для всех i . Относительно конкретного заемщика, не погасившего долг к моменту времени t_i^2 известно, что он к этому моменту осуществил выплату k_1 раз, $k_1 < k$ (если $k_1 = k$ то $z_i = 0$) и предполагаем, что заемщик в интервале времени $[t_i^2 + 1, T]$ погашает оставшуюся часть долга с процентной ставкой p_i . Рассмотрим случай, когда заемщик и МФО договариваются на более выгодных для последнего условиях продолжить выполнять свои обязательства после t_i^2 , а именно $p_i > q_i$. Тогда условие безубыточного функционирования (без учета страхования)

$$k_1 / k \cdot (1 + q_i) \cdot Q_i + (k - k_1) / k \cdot (1 + p_i) \cdot Q_i - z_i \geq R_i, k_1 > 0$$

и с учетом страхового взноса,

$$k_1 / k \cdot (1 + q_i) \cdot Q_i + (k - k_1) / k \cdot (1 + p_i) \cdot Q_i - L_i - z_i \geq R_i, k_1 > 0.$$

Ниже приводятся некоторые из часто встречающихся случаев.

Случай $k_1 = 0$ – тривиальный, т.е. заемщик ни разу не осуществлял выплату и взаимоотношения между МФО и заемщиком регулируется в судебном порядке. Случай $1 < k_1 < k$. Здесь определенный практический интерес представляет анализ вариантов $0 \leq p_i$ для $k - k_1$ случаев отчислений от заемщика.

Из двух последних неравенств можно получить безубыточные варианты функционирования МФО в зависимости от соотношений между q_i и p_i . Из (1) следует, что при погашении кредита всеми N заемщиками, при больших $T > T_2$ выполнение условия

$$w_i - z_i + q_i \times Q_i \geq 0 \quad (3)$$

(аналогично, в случае со страхованием, в левой стороне неравенства фигурирует еще и L_i) является показателем неубыточно проведенной компании МФО. Тогда для $T > t^2$ соответствующая оптимизационная

задача состоит в выборе таких q_i, w_i , чтобы максимизировать R_i для всех $i, i = 1, \dots, N$ при заданных Q_i, z_i .

Заключение

Участие в деятельности МФО всегда является риском для инвесторов. В свою очередь, деятельность самой МФО является риском и уменьшение его последствий связано в том числе и со страхованием. Рассмотренная модель деятельности МФО является одним из примеров привлечения возможностей страхования в решении существующих проблем. Но включение в будущем других государственных механизмов придаст процессу микрофинансирования устойчивый характер.

Список литературы

1. Высоков, Д. А. Развитие микрофинансирования: международный опыт и российская практика.: Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Д. А. Высоков; – М., 2023. – 198 с.
2. Мадера, А. Г. Риски и шансы: Неопределенность, прогнозирование и оценка./ А. Г. Мадера; – М. КРАСАНД. 2014. -448 с.
3. Иванилов, Ю. П. Математические модели в экономике / Ю. П. Иванилов, А.В. Лотов.; – М. : Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1979. – 304 с.
4. Основы теории оптимального управления. В.Ф.Кротов [и др.] Под редакцией В.Ф. Кротова. – М. : «Высшая школа», 1990. 430 с.
5. Бахметьева, Г. Р. Риск-менеджмент в микрофинансовых инвестиционных организациях /Бахметьева Г. Р., Ерешко Ф. И., Сытов А.Н. // Труды 7-й Международной конференции «Системный анализ и информационные технологии» (САИТ-2017, Светлогорск, Россия). – М. : ФИЦ ИУ РАН, 2017. – С. 504-508.

Разработка системы для автоматизации генерации шаблонов документов учебных практик факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета

Е. О. Бордюжа, email: borekat36@gmail.com
Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема формирования многочисленных электронных документов, требуемых для реализации учебной деятельности в государственных бюджетных образовательных учреждениях. Описаны существующие подходы и методы решения данной проблемы. Разработана система автоматизации генерации шаблонов документов, сочетающая в себе простоту и удобство известных методов формирования документов. Система легко адаптируется под потребности заказчика (студенты, профессорско-преподавательский состав, администрация ВУЗа). Проведенное тестирование показало высокую эффективность реализованной методики.*

***Ключевые слова:** автоматизация, электронные документы, генерация шаблонов, учебная деятельность, разработка системы, управление документами.*

Введение

В настоящее время университеты и другие образовательные организации всё чаще сталкиваются с необходимостью создания и хранения большого количества документов, связанных с учебным процессом, как было показано в [1-6]. Это может быть трудоёмкой задачей, которая займет значительное количество времени, особенно если эти документы имеют стандартный формат, но при этом должны быть заполнены уникальными данными для каждого студента. В статье рассматривается разработка системы, которая позволяет автоматизировать процесс генерации шаблонов документов прохождения учебной практики в ФГБОУ ВО «ВГУ».

Цель исследования заключается в создании программы, способной автоматизировать процесс генерации документов, используемых в учебной деятельности. Разработана система, позволяющая загружать список студентов из файла, выбирать необходимые шаблоны документов и автоматически заполнять их контекстом из таблицы с

данными о студентах и полями для ввода информации, как показано в [7].

В данной статье представлено описание процесса разработки системы, анализ её функциональных возможностей, а также проведено тестирование с целью определения корректности ее работы. В заключении сделан вывод о том, насколько эффективна разработанная система для автоматизации генерации документов (АГД) прохождения учебной практики в ФГБОУ ВО «ВГУ», а также будут рассмотрены перспективы её использования в будущем.

1. Постановка задачи

Разработка системы автоматизации генерации шаблонов документов прохождения учебной практики включает следующие шаги:

- Спроектировать интерфейс для загрузки таблицы с данными студентов и списка шаблонов документов, которые нужно сгенерировать;

- Создать механизм, позволяющий выбирать необходимые шаблоны документов, указывать значения полей для заполнения и выбирать папку для сохранения сгенерированных документов;

- Реализовать алгоритм заполнения документов контекстом из загруженной таблицы с данными студентов и введенными пользователем значениями;

- Предусмотреть возможность автоматического создания документов для всей группы студентов, а также для отдельных студентов по выбору пользователя.

2. Средства реализации системы АГД

Существуют различные системы для автоматизации процесса создания документов, такие как, например, Microsoft Word с использованием макросов и шаблонов, Google Docs, LibreOffice, LaTeX и другие.

Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки. Например, Microsoft Word является наиболее распространенным текстовым редактором и имеет широкий спектр возможностей для работы с документами, но при использовании макросов может потребоваться значительное время на их написание и отладку. Google Docs позволяет работать над документами в режиме онлайн и имеет множество инструментов для коллективной работы, но в то же время, у него есть множество ограничений. LaTeX является специализированным инструментом для создания научных документов и обладает расширенными возможностями по форматированию текста и вставке

математических формул, но требует освоения новой и трудной для большинства пользователей системы разметки.

Таким образом, необходимо разработать систему, которая сочетала бы в себе лучшие качества существующих решений, минимизировала время на создание документов и позволяла с легкостью адаптироваться к новым условиям и требованиям.

Для разработки системы АГД был выбран язык программирования Python в связи с его простотой, удобством, кроссплатформенностью и возможностью интеграции с другими технологиями. В качестве среды разработки использовался PyCharm, а для создания пользовательских интерфейсов — инструмент QT Designer совместно с PyQt5. В работе с шаблонами применялись библиотеки DocxTemplate и Pandas.

3. Реализация логики системы АГД

Перед созданием системы импортировались используемые библиотеки и модули для корректной работы приложения, после чего объявлялся класс `TemplateFilling`, отвечающий за проектирование графического интерфейса и обработку событий, связанных с ним. Далее внутри конструктора класса происходит загрузка данных из файла Excel, создание модели данных и связывание событий с обработчиками.

Следующим этапом реализации системы АГД является написание специальных методов:

- `eventFilter(self, object, event)` — обрабатывает события для двух текстовых полей `lineEdit_2` и `lineEdit`, изменяя их внешний вид и содержимое в зависимости от типа события (нажатие кнопки мыши, фокус ввода и т.д.);
- `load_data(self)` — загружает данные из файла Excel, настраивает модели данных и интерфейса;
- `get_selected_data(self)` — получает выбранные данные из таблицы, возвращает список кортежей, содержащих данные выбранных строк таблицы;
- `handle_save_button_clicked(self)` — обработчик события нажатия на кнопку «Сохранить». В данном методе происходит обработка выбранных данных из таблицы и сохранение соответствующих документов на основе шаблонов;
- `handle_table_row_selected(self)` — обработчик события выбора строки в таблице. Метод получает данные и генерирует соответствующие документы на основе выбранных шаблонов.

Используя инструмент QT Designer, создается окно (рис. 1) — форма для заполнения шаблонов, с необходимыми объектами и указанными свойствами для каждого из них в Property Editor.

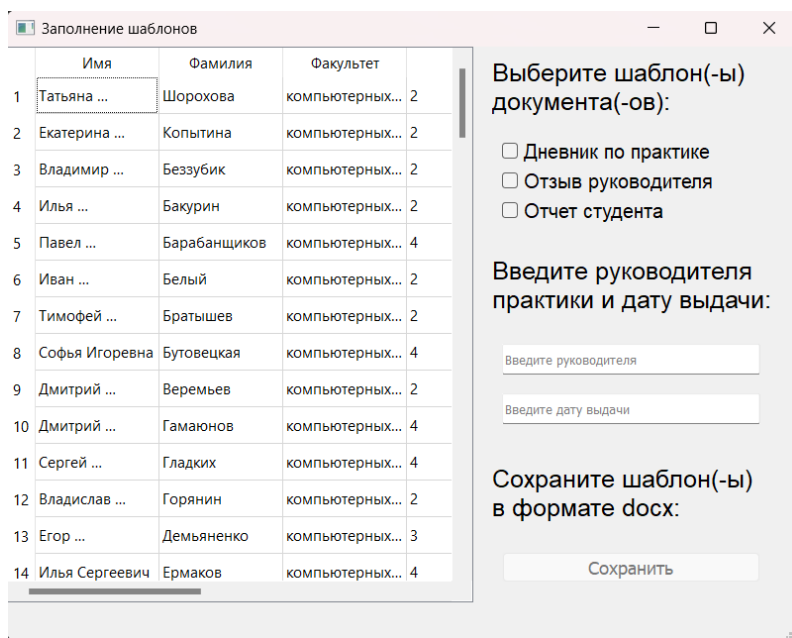


Рис. 1. Форма заполнения шаблонов

При реализации визуальной части объявляется класс `Ui_TemplateFilling`, который представляет собой пользовательский интерфейс (UI) для заполнения шаблонов документов. В нем используются следующие методы:

- `setUpUi(self, TemplateFilling)` — инициализирует интерфейс и устанавливает его компоненты, создает и настраивает различные элементы, такие как окно приложения, таблицу, флажки, надписи, кнопки и текстовые поля;
- `retranslateUi(self, TemplateFilling)` — устанавливает текстовые значения для элементов интерфейса, принимая объект `TemplateFilling` (главное окно приложения) и осуществляя перевод на другие языки (при необходимости) для надписей и кнопок, с помощью функции `_translate`.

По факту завершения процесса разработки системы АГД, проведено ее тестирование с различными параметрами. Подтверждены корректность работы системы и значительное увеличение скорости формирования требуемых итоговых документов.

Заключение

Следует отметить, что разработка системы для автоматизации генерации шаблонов документов прохождения учебной практики в ФГБОУ ВО «ВГУ» является актуальной и важной задачей, которая позволяет оптимизировать процесс оформления документов студентами и преподавателями.

Приложение, созданное на основе такой системы, обладает рядом преимуществ, включая повышение качества оформления документов, сокращение времени на их подготовку и уменьшение количества ошибок. Кроме того, использование такой системы позволяет существенно упростить процесс управления документами в учебном заведении.

Перспективы развития созданного приложения включают в себя добавление новых функций и возможностей, которые могут быть полезными для студентов и преподавателей. Например, можно добавить функцию автоматического формирования отчетов о прохождении практики или интеграцию с другими системами управления учебным процессом. Можно добавить возможность сохранять готовые документы в нескольких форматах (например, PDF, Word, HTML), добавить больше полей для ввода информации, чтобы расширить функциональность системы, и сделать ее более удобной для использования. Также можно рассмотреть возможность расширения функциональных возможностей для использования и в других учебных заведениях.

В целом, разработка системы для автоматизации генерации шаблонов документов является важным шагом в улучшении качества учебного процесса и может быть полезна для многих заинтересованных сторон в процессе организации и прохождения учебной практики в будущем.

Список литературы

1. Шорохова, Т. А. Разработка проекта «List of documents» для реализации программ дополнительного образования ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета» / Т. А. Шорохова, Е. А. Копытина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2023. – С. 284-289. – EDN MMGXTK.

2. Претков, А. И. Разработка программного комплекса для автоматизации формирования документов основных профессиональных образовательных программ высшего образования факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета / А. И. Претков, Е. А. Копытина // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической

конференции им. Э.К. Алгаинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 907-912. – EDN ENWODO.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023661037 Российская Федерация. Приложение для автоматизации документооборота дополнительного образования : № 2023618813 : заявл. 03.05.2023 : опублик. 25.05.2023 / А. С. Голышева, Е. А. Копытина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». – EDN NBUVMM.

4. Разработка программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, И. И. Дмитриева, И. Р. Корнилов [и др.] // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгаинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 901-906. – EDN GCRTDP.

5. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131. – EDN TMFGUT.

6. Реализация проекта по созданию реляционной базы данных для Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. Г. Потапов, А. В. Порядин, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 132-137. – EDN FEIMCC.

7. Васянкин, А. А. Модификация понятия «электронный документ» в системе электронного документооборота / А. А. Васянкин, Э. В. Кузьмина // Кайгородовские чтения : Материалы региональной научно-практической конференции, Краснодар, 29 апреля 2010 года / Краснодарский государственный университет культуры и искусств. – Краснодар: Краснодарский государственный университет культуры и искусств, 2010. – С. 75-79.

Разработка системы аутсорсинга краткосрочных работ на предприятиях

М. Н. Быков, email: m.byckoff2015@yandex.ru
Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной статье описана реализация приложения трудовой биржи для поиска работы и аутсорсинга работ на предприятиях.*

***Ключевые слова:** поиск работы, аутсорсинг, биржа труда.*

Введение

Современное деловое окружение характеризуется постоянными изменениями и необходимостью быстрой адаптации к новым условиям. В связи с этим, компании все чаще обращаются к аутсорсингу краткосрочных работ для удовлетворения временных потребностей в персонале. Аутсорсинг краткосрочных работ — это процесс передачи выполнения определенных задач или проектов внешнему исполнителю на определенный период времени. Это может быть связано с различными задачами, начиная от IT-разработки и маркетинговых исследований до временного увеличения рабочей нагрузки в период пикового спроса, как показано в [1, 2].

В то же время, для работников становится все важнее иметь возможность находить кратковременные подработки с гибким графиком, соответствующим их индивидуальным потребностям. Это может быть особенно актуально для студентов, молодых родителей или фрилансеров, которым нужна дополнительная работа на определенный период времени.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью поиска новых форм организации труда в условиях быстро меняющейся экономической среды. [3-8]. Кроме того, данная работа имеет связь с другими научно-исследовательскими работами в области управления персоналом, организации труда и аутсорсинга. Изучение системы для аутсорсинга краткосрочных работ имеет большое значение для понимания тенденций развития рынка труда и создания более гибких и эффективных моделей работы как для компаний, так и для работников.

Целью данного исследования является разработка системы для аутсорсинга краткосрочных работ на предприятиях.

1. Постановка задачи

К описываемой в статье системе аутсорсинга краткосрочных работ были выдвинуты следующие функциональные требования:

Для работодателя:

- публикация объявлений о подработке;
- просмотр резюме потенциальных работников.

Для работника:

- просмотр вакансий по отобранным категориям и фильтрам;
- публикация резюме с описанием навыков и пожеланий к работе;
- отклик на подходящие объявления.

Для администратора:

- верификация информации о компаниях и предприятиях;
- модерация недопустимого контента в резюме и вакансиях.

2. Средства реализации системы

В процессе разработки системы были использованы следующие технологии:

- Java 17. Данный объектно-ориентированный язык программирования обладает готовыми библиотеками для решения многих прикладных задач и является строго типизированным, что облегчает написание кода и поиск ошибок. Использовался в качестве основы для написания серверной части приложения;
- Spring Boot. Этот фреймворк позволяет реализовать веб-приложение.
- PostgreSQL. Данная СУБД обладает высокой производительностью, надежностью и масштабируемостью. PostgreSQL также имеет широкий набор функций и инструментов для работы с данными, что позволяет легко обрабатывать большие объемы информации. Кроме того, PostgreSQL является бесплатной и открытой системой управления базами данных, что делает ее доступной для использования в любом проекте.

Инструменты, задействованные при разработке:

- IntelliJ Idea Professional Edition. Среда разработки на языке Java, позволяющая создавать рабочие проекты и подключать к ним различные модули, а также значительно оптимизирующая процесс разработки.
- pgAdmin 4. Система управления базами данных с графическим интерфейсом на основе PostgreSQL.

- Postman. Сервис для создания, тестирования, документирования, публикации и обслуживания API. Используется для проверки исправности работы приложения.

3. Реализация логики системы

Приложение написано на языке Java с использованием фреймворка Spring Boot. Данные, необходимые для корректной работы приложения хранятся в базе данных PostgreSQL, взаимодействие с сервером осуществляется посредством модуля Spring JPA.

Архитектура приложения REST API следует принципам MVC (Model-View-Controller) и включает в себя следующие компоненты:

1. контроллеры (Controllers): отвечают за обработку HTTP-запросов и возвращение HTTP-ответов. Они содержат методы, аннотированные аннотациями `@RequestMapping` или `@GetMapping`, `@PostMapping`, `@PutMapping`, `@DeleteMapping` и другими, для обработки различных типов запросов. Контроллеры взаимодействуют с сервисами для выполнения бизнес-логики и с репозиториями для доступа к данным.

2. сервисы (Services): содержат бизнес-логику приложения. Они выполняют операции над данными, обрабатывают бизнес-правила и могут взаимодействовать с репозиториями для доступа к данным. Сервисы могут быть инъецированы в контроллеры и другие сервисы.

3. репозитории (Repositories): отвечают за доступ к базе данных или другому источнику данных. содержат методы для выполнения операций CRUD (Create, Read, Update, Delete) над данными. Репозитории могут использовать JPA или другие технологии для взаимодействия с базой данных.

4. мапперы (Mappers): Мапперы отвечают за преобразование данных между различными моделями внутри приложения. Они могут использоваться для преобразования сущностей JPA в DTO (Data Transfer Object) или наоборот. Реализован с использованием библиотеки MapStruct.

Такая архитектура позволяет разделить ответственности между различными компонентами приложения, обеспечивая лучшую читаемость, поддержку и масштабируемость кода.

Начало работы с приложением осуществляется с запуском сервера.

После этого необходимо авторизоваться под учётной записью работодателя или работника, либо создать новый аккаунт. Авторизация реализована с использованием модуля Spring Boot и технологии JWT (JSON Web Token). Авторизация устроена следующим образом:

1. пользователь отправляет запрос на аутентификацию, предоставляя свои учетные данные (например, логин и пароль);

2. сервер проверяет предоставленные учетные данные и, если они верны, создает JWT токен. Токен содержит информацию об аутентифицированном пользователе и может включать дополнительные данные, такие как срок действия;
3. сервер отправляет JWT токен обратно пользователю;
4. пользователь включает JWT токен в заголовок каждого последующего запроса к защищенным ресурсам приложения;
5. сервер проверяет действительность JWT токена при получении запроса. Если токен действителен, сервер разрешает доступ к защищенным ресурсам;
6. если JWT токен истек или недействителен, сервер отклоняет запрос пользователя.

После авторизации в роли «Работодатель» пользователь получает доступ к модулю «Модерация вакансий», в котором он может:

1. создать новую вакансию с помощью метода `addVacancy()`;
2. отобразить список созданных вакансий с помощью метода `getVacancy()`;
3. обновить содержимое выбранной вакансии с помощью метода `updateVacancy()`;
4. просмотреть отклики на выбранную вакансию с помощью метода `displayResumeByVacancy()`;
5. одобрить отклик соискателя и закрыть вакансию с помощью метода `confirmResumeByVacancy()`;
6. закрыть вакансию без отклика соискателя с помощью функции `removeVacancy()`.

Для того, чтобы открыть данный модуль, пользователю с ролью «Работодатель» необходимо зарегистрировать компанию с помощью метода `registerCompany()`, в котором необходимо указать все необходимые реквизиты (ИНН, КПП, адрес) и документы. После исполнения метода необходимо дождаться верификации компании пользователем с ролью «Администратор».

После авторизации в роли «Соискатель работы» пользователь получает доступ к модулям «Конструктор резюме» и «Просмотр вакансий». В модуле «Конструктор резюме» можно:

1. создать новое резюме с помощью метода `addResume()`;
2. отобразить список созданных резюме с помощью метода `getResume()`;
3. обновить содержимое выбранного резюме с помощью метода `updateResume()`;
4. удалить неактуальное резюме с помощью функции `removeResume()`.

В модуле «Просмотр вакансий» пользователю доступен выбор вакансий в выбранном пользователем городе, либо онлайн по всему часовому поясу. Доступен поиск как подработок на месте, так и удалённых подработок, реализованы фильтрация и пагинация. После выбора интересующей вакансии пользователь может отправить на неё отклик, выбрав подходящее резюме.

При входе на учётную запись администратора, пользователю открывается доступ к модерации существующих в системе компаний, вакансий и резюме. Это необходимо для соблюдения пользователями приложения правил платформы, и отсутствия на ней запрещённого контента.

Взаимодействие с базой данных PostgreSQL происходит с помощью Java Persistence API. Настройка параметров подключения к базе данных в файле application.properties. Для выполнения операций с базой данных, таких как сохранение, поиск, удаление и обновление, используются репозитории (Repository). Контроль версий базы данных происходит с помощью библиотеки Flyway.

Для хранения необходимых данных была создана база данных «jobilee», в которой были созданы 4 таблицы:

1. «company» - хранение сведений о компаниях;
2. «resume» - хранение сведений о резюме;
3. «vacancy» - хранение сведений о вакансиях;
4. «user» - хранение сведений о пользователях;
5. «role» - хранение сведений о ролях пользователей («Администратор», «Работодатель», «Соискатель работы»).

Заключение

В данной статье была рассмотрена реализация системы аутсорсинга краткосрочных работ на предприятиях. На данный момент приложение обладает базовой функциональностью (авторизация, создание вакансии, создание резюме, отклик на вакансию). В дальнейшем в процессе развития проекта планируется добавить дополнительные возможности для более качественного пользовательского опыта (например, отображение вакансий на интерактивной карте).

Список литературы

1. Немешаев, А. А. Специфика применения аутсорсинга и ИТ-аутсорсинга как инструмента повышения эффективности деятельности / А. А. Немешаев, Г. В. Исмагилова // Весенние дни науки : Сборник докладов международной конференции студентов и молодых ученых,

Екатеринбург, 20–22 апреля 2023 года. – Екатеринбург: ООО Издательский Дом "Ажур", 2023. – С. 177-180. – EDN SRDVJN.

2. Заяц, А. А. Механизм аутсорсинга. Аутсорсинг логистических функций и бизнес-процессов / А. А. Заяц, Е. Ю. Козлов, Н. А. Вакулич // Логистика - евразийский мост : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Красноярск, 25–29 апреля 2018 года. Том Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2018. – С. 89-93. – EDN XYXFED.

3. Манукян, С. Ш. Автоматизация взаимоотношений с клиентами в SEO- компании / С. Ш. Манукян, Е. А. Копытина // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 108-113. – EDN PUNHZU.

4. Землянухин, Д. В. Разработка системы контроля и управления параметрами производственных процессов с GSM-каналом телеметрии / Д. В. Землянухин, Е. А. Копытина, А. А. Головкин // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей. В 2-х частях / Под редакцией Д.Н. Борисова. Том Выпуск 13. Часть 1. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2019. – С. 78-84. – EDN ACADOWK.

5. Другалев, А. И. Разработка модуля постановки и контроля задач на платформе 1С: Предприятие 8.3 с применением технологии SMART / А. И. Другалев, Е. А. Копытина // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XVI международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2016 года. Том Секции 5-6. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2016. – С. 74-79. – EDN WNTEMJ.

6. Разработка программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, И. И. Дмитриева, И. Р. Корнилов [и др.] // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 901-906. – EDN GCRTDP.

7. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131. – EDN TMFGUT.

8. Реализация проекта по созданию реляционной базы данных для Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. Г. Потапов, А. В. Порядин, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 132-137. – EDN FEIMCC.

Process Mining обзор в области производства и логистики

Д. Р. Воскобович, e-mail: daniil.voskobovich@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный
экономический университет

Аннотация. В результате таких характеристик производства и логистики, как неопределенность, сложность и динамика, предприятия стремятся улучшить свои бизнес-процессы, чтобы конкурировать на рынке. Предприятиям необходимо проводить анализ для выявления и оценки возможных конкретных действий по улучшению. Process mining доказал свою осуществимость и эффективность в области совершенствования бизнес-процессов. Он анализирует журналы событий и предоставляет знания и информацию для обнаружения, мониторинга и улучшения реальных процессов. Однако традиционный process mining имеет ограничения в связи с недостатком данных. Кроме того, существует ограниченное количество исследований в области применения process mining в области производства и логистики. Таким образом, в данной статье представлен обзор подходов к process mining, в то же время указываются вопросы и сложности, связанные с process mining в контексте производства и логистики.

Ключевые слова: process mining, бизнес-процессы, производство и логистика.

Введение

Сложность, быстрые изменения, глобализация и неопределенность в системах производства и логистики приводят к высокой конкуренции в отрасли. Эти обстоятельства обусловлены различными факторами. Например, для изготовления некоторых продуктов требуется много этапов и времени. Производственные и логистические процессы могут осуществляться в рамках различных подразделений одной компании и разных организаций. Кроме того, другие факторы, такие как разнообразие продукции, более короткие жизненные циклы продуктов и быстро меняющиеся потребности клиентов, приводят к усложнению бизнес-процессов [5]. Неопределенность также влияет на обычные бизнес-процессы, такие как задержка выполнения заданий, неисправные инструменты, недоступные ресурсы или изменение требований клиентов. Следовательно, процесс планы часто становятся неосуществимыми или непригодными для использования. Поэтому для

того, чтобы компании оставались конкурентоспособными на рынке, необходимы совершенствование и оптимизация бизнес-процессов. В этих условиях предприятиям требуются обширные знания для оптимизации бизнес-процессов. Знания предоставляют компаниям новые способы обучения, решения проблем и формирования ключевых компетенций. В современных производственных и логистических компаниях объем данных растет экспоненциальными темпами, которые могут быть использованы для извлечения ценных знаний. Данные содержат полезную информацию, которую можно было бы применить для улучшения процесса принятия решений и производительности.

Process mining направлен на извлечение знаний из журналов событий (logs) для обнаружения, мониторинга и автоматизации реальных процессов [6]. Process mining способствует совершенствованию процессов и соблюдению требований. За последнее десятилетие process mining был успешно внедрен во многих областях, таких как здравоохранение, образование, разработка программного обеспечения, а также производство и логистика. Process mining – это подход к обнаружению и анализу процессов на основе журналов событий. Журналы событий создаются с помощью программного обеспечения или информационных систем компании. Поскольку большинство современных предприятий работают с использованием информационных технологий, в ходе нормального функционирования производственных процессов может быть собран большой объем данных. Однако Process mining основывается на предположении, что журналы событий предоставляют достаточное количество данных. В производстве и логистике журналы событий составляются из разных источников. Такие данные часто поступают не из систем управления рабочими процессами. В результате они недостаточны, содержат недостающие элементы и зашумлены.

В этом документе представлен обзор технологии process mining, а также обсуждаются особенности применения в производстве и логистике.

1. Process Mining

Process mining направлен на анализ данных из журналов событий для обнаружения, мониторинга и улучшения реальных процессов. Он основан на data mining. В то время как классический data mining ориентирован на данные, process mining ориентирован на процессы. Process mining доказал свою осуществимость и эффективность в области совершенствования бизнес-процессов. На рис. 1 показаны три основных типа process mining: обнаружение, соответствие и усовершенствование. Обнаружение процессов является основной целью

process mining на основе журналов событий, чтобы найти фактические процессы и варианты процессов. Наиболее сложной задачей при обнаружении процессов является работа с гибкими бизнес-процессами [4]. Трудно найти точные модели процессов и интерпретировать их. Соответствие процесса предполагает соответствие разработанной модели фактическому процессу. Он может быть расширен и использоваться в случаях обнаружения мощенничества или отклонений. Усовершенствование процесса направлено на расширение или улучшение существующих моделей бизнес-процессов с использованием информации, записанной в журналах событий. Например, усовершенствование процесса направлено на изменение модели процесса, чтобы лучше отражать реальные процесс.

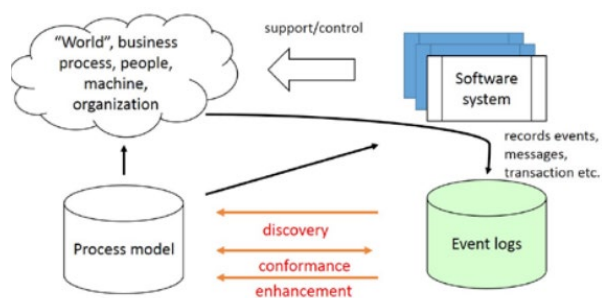


Рис. 1. Фрагмент информационной модели описания процессов накопления и использования данных в ИС

Модель процесса является важным инструментом для управления бизнес-процессами, а также для process mining [3]. Это связано с тем, что модели процессов обеспечивают визуализированное понимание бизнес-процессов, таких как системы переходов, сети Петри, модель бизнес-процессов в нотации BPMN, событийно-управляемая цепочка процессов (EPC) и унифицированный язык моделирования (UML) [2]. Эти модели позволяют предприятиям анализировать процессы для их реинжиниринга или улучшения. Широко распространенными методами являются моделирование и графическое документирование. При подходе к process mining качество модели процесса может определяться четырьмя характеристиками: простотой, пригодностью, точностью и обобщением.

Информационные системы в современных производственных и логистических компаниях создают огромное количество журналов событий. Журналы событий обычно описывают выполнение процессов

и действия в реальном мире. Эти журналы событий могут быть использованы для лучшего понимания реальных процессов. Однако process mining опирается на достаточное количество “логов” для анализа. Часто эти журналы событий не структурированы, ненадежны, отсутствуют и зашумлены. Более того, сложные бизнес-процессы трудно моделировать. Они создают модели процессов, похожие на спагетти, которые трудно понять.

На рис. 2 показан пример результата традиционного эксперимента по process mining с данными о реальных событиях от производственных компаний. Кроме того, огромные объемы данных требуют автоматических и интеллектуальных методологий анализа данных для получения ценных знаний. Следовательно, process mining требует дополнительных шагов для подготовки данных для анализа.

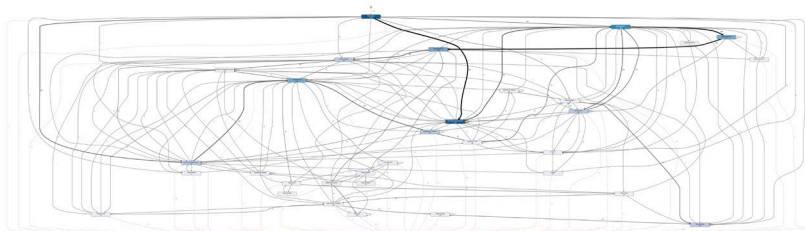


Рис. 2. Производная модель процесса на основе реальных данных из традиционного Process Mining

Process mining был применен в различных областях производства и логистики. В различных исследованиях было доказано, что он способен обнаруживать отклонения. Однако он не может эффективно обрабатывать большие объемы данных и их разнородные источники. Журналы событий являются входными данными для process mining с целью извлечения фактических моделей бизнес-процессов и ценной информации. Process mining зависит от качества журналов событий. Для точного анализа и интерпретации требуется достаточное количество данных. Существует несколько исследований, посвященных совершенствованию process mining в производстве и логистике путем внедрения других методов, таких как кластеризация процессов с использованием контекстуальной информации [1]. В исследовании для целей кластеризации используются частота возникновения процесса и стабильность времени цикла повторяющихся процессов с применением алгоритма k-medoids. Для оценки качества кластеризации были использованы шесть примеров из журналов реальных событий

производства. Метод хорошо работает при различном количестве кластеров k , что означает разнообразие наборов данных. Количество кластеров также сложно определить заранее. Следовательно, необходимо проверить результат с разными номерами кластеров. С другой стороны, время работы круга может рассматриваться как релевантная контекстная информация для кластеризации результата. Тем не менее, исследования по применению process mining в производстве и логистике по-прежнему редки, особенно в области совершенствования, обнаружения и анализа процессов.

2. Аспекты технологии

Обсуждение в этом разделе сосредоточено на анализе данных бизнес-процессов на производственных и логистических системах. Эти вопросы и задачи основаны на эффективности автоматического анализа процессов.

Разнообразие и неоднородность. Данные могут распространяться из различных источников. Process mining опирается на достаточное количество данных для анализа. В реальной жизни журналы событий извлекаются из разных источников данных. В производстве и логистике журналы событий не обеспечивают достаточного качества с точки зрения полноты и надежности. Потому что эти данные генерируются не системами управления рабочими процессами, а системами других типов, которые были разработаны для совершенно других целей (например, выставления счетов или управления складом). Кроме того, это беспорядочные и коррелированные данные. Более того, они содержат выбросы и имеют разную степень детализации. Как правило, производственные и логистические процессы разделены между несколькими участками одного предприятия или между организациями (например, партнеры по цепочке поставок). Это разделение привело к дальнейшему росту сложности процессов. Однако традиционный process mining рассматривает единый журнал событий в одной организации, следует учитывать межорганизационный process mining. Более того, разнородные источники данных имеют разный формат данных, они не стандартизированы и имеют разную степень детализации. В результате для эффективной работы с многочисленными разнородными источниками данных требуется дополнительный шаг перед анализом и интерпретацией.

Масштабируемость. В ходе производственных и логистических процессов генерируется огромное количество данных. Большой объем данных может быть изучен для создания знаний и ценной информации. Однако большинство данных архивируется, поскольку с этими данными трудно обращаться. Анализ бизнес-процессов сталкивается с большими

объемами данных, что затрудняет и снижает эффективность анализа данных. Следовательно, анализ бизнес-процессов нуждается в новых методологиях и инновационных концепциях для эффективного управления этими обстоятельствами.

Точность. Результат process mining должен быть оценен для обеспечения точности анализа. Существует четыре конкурирующих аспекта качества: соответствие, простота, точность и обобщение. Задача состоит в том, чтобы найти модели, которые обеспечивают компромисс между всеми четырьмя измерениями. Пригодность относится к точности обнаруженной модели, которая может точно воспроизвести случай, записанный в журнале, и отобразить поведение в журналах событий. Простота означает простейшую из моделей, в которой обнаруженная модель должна быть представлена как можно более простой с точки зрения сложного процесса. Точность связана с недостаточной адаптацией в контексте process mining. Таким образом, несвязанные поведения не должны отображаться в обнаруженной модели. Обобщение относится к обнаруженной модели, которая должна быть обобщенным примером поведения.

Сложность. Некоторые производственные процессы очень сложны. Они могут занимать много этапов и дней. В частности, в логистических процессах бизнес-процессы представляют собой операции, ориентированные на человека, они очень гибкие и сложные. Такие операционные процессы являются менее структурированными, чрезмерно запутанными и похожими на “скрученные спагетти”. Как следствие, трудно извлечь модель процесса точно и явно. Более того, сложность системы затрудняет ее анализ.

Гибкость. Динамичные и быстрые изменения в бизнес-среде требуют, чтобы логистика и производственные процессы были гибкими и отзывчивыми, чтобы конкурировать на рынке. Традиционный процесс process mining может быть улучшен путем объединения с другими техниками и методиками поддержки онлайн-операций, которые могут осуществляться в форме обнаружения, прогнозирования и рекомендаций.

Заключение

В этой статье представлен подход к process mining, вопросы и сложности, возникающие при его применении в сфере производства и логистики. Несмотря на то, что process mining является многообещающим инструментом для поддержки совершенствования бизнес-процессов и успешно применяется в различных областях, характеристики, относящиеся к основным областям, создают новые проблемы для традиционного process mining. Process mining в

производственных и логистических процессах требует решения, позволяющего справиться с этими проблемами. Результатом этой статьи являются общие вопросы, которые необходимо учитывать при интеграции process mining для обнаружения и анализа процессов.

Список литературы

1. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования: пер. с англ. / Б. Андерсен. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. – 272 с.
2. Васильева М. А. Методологические вопросы описания и управления бизнес-процессами / М. А. Васильева // Экономика, управление и право: инновационное решение проблем: сборник статей III Международной научно-практической конференции, 19.07.2016 г., г. Пенза / редкол.: Г. Ю. Гуляев (отв. ред.) [и др.]. – Пенза, 2016. – С. 56–61.
3. Громов А. И. Управление бизнес-процессами: современные методы: монография / А. И. Громов, А. Фляйшман, В. Шмидт; под ред. А. И. Громова. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 367 с.
4. Информационные системы и цифровые технологии: учебное пособие-практикум в 2 ч. Ч. 2. / В.В. Трофимов [и др.]; отв. ред. В.В. Трофимов, Т.А. Макаруч. – Москва, ИНФРА-М, 2021. – 217 с.
5. Капустина, Л. М. Оценка цифровой конкурентоспособности промышленных компаний / Л. М. Капустина, А. С. Миколенко, Г. С. Тимохина // Цифровые модели и решения. – 2022. – Т. 1. – № 3. – С. 13.
6. Сквозные технологии в цифровых экосистемах: монография/ В.В. Трофимов [и др.]; отв. ред. В.В. Трофимов, В.М. Минаков. – Санкт-Петербург, СПбГЭУ, 2022. – 171 с.

Методика оценки ошибочных действий операторов средств связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации

М. А. Данилин, email: maxxxl78@mail.ru

С. П. Юрченко, email: 73ok@rambler.ru

Д. В. Дьяков, email: maxxxl78@mail.ru

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

***Аннотация.** Качество предоставления услуг связи и радиотехнического обеспечения полетов определяется не только деятельностью органов управления и конечной технической надежностью средств связи и радиотехнического обеспечения, но и выполнением задач операторами дежурных смен. Авторами предложена методика оценки ошибочных действий операторов средств связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации в целях повышения безопасности полетов.*

***Ключевые слова:** безопасность полетов авиации, вероятность ошибки оператора, опасные факторы, ошибочные действия, связь, радиотехническое обеспечение полетов.*

Введение

Анализ влияния работы органов управления связью и радиотехнического обеспечения (РТО) полетов государственной авиации на качество предоставляемых услуг показывает, что дефицит времени на принятие решения приводит к систематическим отклонениям (смещению) от поставленной цели и случайному разбросу (шуму) [1, 2]. При оценке их функционирования необходимо перейти от личных предпочтений (мнений) к расчетам многоуровневых показателей, характеризующих своевременность и обоснованность принятых решений [3, 4]. Однако качество предоставления услуг связи и РТО полетов определяется не только деятельностью органов управления и конечной технической надежностью средств связи и РТО, но и выполнением задач операторами дежурных смен. Оценке технической надежности средств связи и РТО полетов посвящено множество работ, при этом все чаще на безопасность полетов авиации влияет «человеческий фактор», который наиболее сложно формализовать.

Методика оценки ошибочных действий операторов средств связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации

Анализ качества обеспечения полетов авиации подразделениями связи и РТО показывает, что нарушения возникают вследствие ошибок при выполнении различных операций по переключению аппаратуры, изменению режимов работы, подстройке режимов работы до номинальных, устранении отказов и т.д.

Ошибки возникают вследствие воздействия на человека различных факторов. Так в [5] представлен алгоритм оценки «человеческой надежности» на основе модификации методики SPAR-N отраслевого стандарта США NUREG/GR-6883. В соответствии с этой методикой вероятность ошибки оператора зависит от различных факторов: располагаемое время для выполнения операции, уровень стресса оператора, сложность выполняемых работ, подготовленность оператора (его опыт), наличие разработанной программы действий, эргономика аппаратуры, пригодность к выполнению задачи, организация процесса выполнения задачи.

Вероятность ошибки оператора определяется по формуле:

$$HEP = \frac{NHEP \cdot PSF_{composite}}{NHEP(PSF_{composite} - 1) + 1}, \quad (1)$$

- $NHEP$ – номинальная (базовая) величина вероятности ошибочных действий оператора, которая определяется для распознавания оператором ситуации равной 0,01 и 0,001 для задач выполнения оператором действий;
- $PSF_{composite} = \prod_{i=1}^8 PSF_i$ – комплексный показатель, учитывающий совокупность фактических уровней факторов.

Факторы и их значения представлены в таблице.

Таблица

Факторы, оказывающие влияние на вероятность ошибки

Номер фактора	Наименование фактора	Уровень фактора	Множитель $PSF_i, i=1, 2, \dots, 8$, для учета фактора
1	Располагаемое время (РВ)	– РВ меньше требуемого времени (ТВ); – РВ ≈ ТВ;	– (вероятность ошибки равна 1) 10

Продолжение таблицы

Номер фактора	Наименование фактора	Уровень фактора	Множитель $PSF_i, i=1, 2, \dots, 8,$ для учета фактора
		– номинальное время; – $PВ \geq 5 * ТВ$; – $PВ \geq 50 * ТВ$; – недостаточно информации.	1 0,1 0,01 1
2	Стресс	– экстремальный; – высокий; – номинальный; – недостаточно информации.	5 2 1 1
3	Сложность	– высокая; – средняя; – номинальная; – недостаточно информации.	5 2 1 1
4	Опыт/уровень	– низкий; – номинальный; – высокий; – недостаточно информации.	3 1 0,5 1
5	Программы действий	– отсутствуют; – неполные; – доступные, но плохие; – номинальные; – недостаточно информации.	50 20 5 1 1
6	Эргономика	– не реализована; – плохая; – номинальная; – хорошая; – недостаточно информации.	50 10 1 0,5 1

Номер фактора	Наименование фактора	Уровень фактора	Множитель $PSF_i, i=1, 2, \dots, 8,$ для учета фактора
7	Пригодность к выполнению задачи	– непригодность;	– (вероятность ошибки равна 1)
		– сниженная пригодность;	5
		– номинальная;	1
		– недостаточно информации.	1
8	Процесс выполнения работы	– плохой;	5
		– номинальный;	1
		– хороший;	0.5
		– недостаточно информации.	1

Таким образом, при $PSF_{\text{composite}} \rightarrow \infty$ вероятность ошибки оператора $NEP \rightarrow 1$, а при $PSF_{\text{composite}} \rightarrow 1$, вероятность ошибки оператора стремиться к номинальной.

В качестве основных мероприятий по локализации (снижению) влияния опасных факторов на действия операторов средств связи и РТО необходимо проведение организационных и технических мероприятий.

В качестве основных мероприятий по исключению (снижению) ошибочных действий операторов связи и РТО полетов авиации предлагается:

организовать обучение операторов дежурных смен в целях формирования твердых знаний принципов работы средств связи и РТО, их устройства и технических возможностей, осуществлять постоянный контроль этих знаний;

добиться высокого уровня натренированности личного состава в действиях по переключению средств связи и РТО на резервные и автономные агрегаты электропитания;

воспитание у операторов дежурных смен высокой ответственности, исполнительности и дисциплинированности, понимания важности четкого выполнения функциональных обязанностей.

Заключение

Таким образом, необходимо признать наличие «человеческого фактора» оказывающего существенное влияние на обеспечение безопасности полетов авиации. При оценке ошибочных действий операторов средств связи и радиотехнического обеспечения полетов

авиации предлагается применять методику SPAR-H отраслевого стандарта США NUREG/GR-6883, позволяющую учесть множество слабо формализуемых факторов, а также сформулировать мероприятия повышения безопасности полетов авиации.

Список литературы

1. Вертинова, А. А. Оценка влияния информационного шума на принятие решений / А. А. Вертинова, Н. Р. Пашук, П. В. Макогонова, А. И. Кошелева // *Лидерство и менеджмент*. – 2022. – Том 9. – № 3. – С. 877-890.
2. Канеман, Д. Шум. Несовершенство человеческих суждений / Д. Канеман, О. Сибони, К. Систейн. – М.: Издательство АСТ, 2021. – 544 с.
3. Бушуев, С. В. Теоретические основы создания информационно-технических систем / С. В. Бушуев, А. С. Осадчий, В. М. Фролов. – СПб.: Военная академия связи, 1998. – 404 с.
4. Боговик, А. В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнагов. – СПб.: Военная академия связи, 2006. – 184 с.
5. Ахмеджанов, Ф. М., Интервально-вероятностный алгоритм оценки человеческой надежности: новая модификация методики SPAR-H / Ф. М. Ахмеджанов, В. Г. Крымский // *Электротехнические и информационные комплексы и системы* – 2017. – Том 13. – № 4.

Особенности автоматизации склада на базе WMS

С. А. Евдокимова, email: evdsv@mail.ru
А. А. Вострикова, email: steasy.white@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

***Аннотация.** В работе рассматриваются технологии, которые лежат в основе автоматизации бизнес-процессов склада путем использования WMS. Показаны преимущества использования WMS перед информационными системами учета товаров на складе.*

***Ключевые слова:** система управления складом, WMS, адресное хранение товаров, робототехнические средства, терминалы сбора данных, RFID-метки.*

Введение

За последние два десятилетия у торговых организаций изменился подход к хранению запасов товаров – складские издержки стараются минимизировать, сразу отправляя товары на полку. Чтобы обеспечить покупателей товарами крупные торговые сети используют распределительные центры. Набирающая обороты интернет-торговля, экспресс-доставка товаров из разных городов также предполагает складирование и распределение заказов потоками высокой интенсивности. Обслуживание и управление большим количеством транспортно-логистических взаимосвязанных процессов, а также мониторинг и отслеживание всех поступивших товаров является сложной задачей.

Поэтому для увеличения скорости выполнения бизнес-процессов и избежания ошибок требуется автоматизация управления деятельностью склада путем применения современных информационных и интеллектуальных технологий.

Целью работы является рассмотрение возможностей систем управления складом и требуемых для этого технических средств.

1. Основные возможности WMS

Система управления складом (WMS – Warehouse Management System) – это информационная система, которая предназначена для автоматизации бизнес-процессов на складе – поступление товаров на

склад, размещение, хранение, транспортировку, распределение, отгрузку заказчиком [1, 2].

WMS не просто выполняет учет товаров на складе и позволяет организовать соответствующий электронный документооборот, а автоматизирует [1-4]:

- управление производственными процессами путем использования роботизированных средств,
- комплектование отправок и их маркировку,
- учет движения грузов,
- управление запасами,
- слежение за сроком хранения или годности скоропортящихся продуктов;
- контроль работы персонала, распределение задач сотрудникам,
- формирование аналитических отчетов и др.

Перечисленные функции WMS позволяют избежать бессмысленных перемещений на складе сотрудников, техники и грузов, обеспечивая эффективное размещение грузов на складских стеллажах, сокращение времени распределения товаров на складе и комплектования заказов, слежение за заказами, еще не поступившими на склад, сократить время доставки товаров клиентам. Оптимизация задач – от комплектации товаров до их размещения и доставки клиентам – играет важную роль в системе управления складом. Для этого необходимо соответствующее программное и аппаратное обеспечение.

2. Используемые в WMS технологии

Программная архитектура WMS состоит из трех частей [2, 4]:

- клиентское приложение для ввода/вывода, редактирования и удаления данных, формирования отчетности;
- сервер базы данных для хранения данных;
- специализированные программы обработки данных, реализующие пользовательские запросы и задачи.

Склады оснащаются штабелирующим оборудованием, конвейерными линиями, устройствами контроля массы груза и габаритов, подъемными устройствами [5]. WMS для автоматизации склада использует следующие технические устройства:

- штрих-сканеры и принтеры для печати штрихкодов;
- радиопередатчики;
- терминал сбора данных (ТСД) – портативные устройства, с помощью которых происходит обмен данными между сканером и сервером;
- чипы RFID, используемые для отслеживания перемещения товара;

- роботизированная техника, обеспечивающая перемещение товаров, погрузку/разгрузку, упаковывание в пленку,
- конвейерные линии и др.

На обычном складе хранение товаров организуется на полках или стеллажах, при этом определенного порядка нет, что затрудняет отслеживание нахождения товаров. WMS использует адресное хранение товара, т.е. всё помещение склада делится на зоны, стеллажи, полки и ячейки нумеруются. Иногда для обозначения локаций используются классы, слои [3, 6]. Каждая ячейка характеризуется размерами, адресом, условием хранения товара и другими свойствами. Адресное хранение товаров организуется путем использования технологии автоматической идентификации RFID.

При размещении товаров WMS учитывается спрос на них, вес, чтобы тяжелые упаковки и товары с высоким спросом располагались ближе к месту погрузки. Система выдает, какие ячейки лучше использовать, двигаясь по оптимальному маршруту. Другими критериями оптимальности могут быть минимальная длина пути, максимум загрузки места и грузоподъемности транспортного средства при перемещении.

Для перемещения грузов на складе используются робототехнические комплексы, которые могут состоять из мобильных роботов, промышленных манипуляторов, роботизированных платформ и других устройств, а также систем управления ими.

В зависимости от используемых робототехнических систем маршруты движения по складу могут быть фиксированы. Например, авторы в работе [5] применяют для организации погрузо-разгрузочных работ перемещение платформу Weasel, которая перемещается по заранее определенным маршрутам, выполненным в виде оптических путевых линий на полу. Роботизированная платформа получает сигналы от радиочастотных RFID-меток и по ним следует к цели, возможен объезд помех и остановка в случае появления препятствия.

Радиочастотная идентификация (RFID) (или электронная метка) обеспечивает бесконтактную технологию автоматической идентификации объектов и направлена на оптимизацию аппаратной структуры WMS [6]. RFID-система и беспроводная сенсорная технология обеспечивают обмен данными между системой WMS и товарами, позволяя отслеживать в реальном времени нахождение товаров, проводить автоматическое сопоставление данных и инвентаризацию.

Другим способом организации погрузо-разгрузочных работ является стратегия управления на мультиагентных системах или

группам мобильных роботов [7]. Для их управления применяют централизованный и децентрализованный подходы. В первом способе управление каждым роботом осуществляется оператором через центральную систему управления. Децентрализованный подход предполагает использование роевой стратегии управления, каждый робот обменивается информацией и данными о своем местоположении с другими ближайшими к ней аппаратными средствами. Также могут использоваться коллективная стратегия – обмен информацией происходит со всеми другими роботами [8].

3. Классификация WMS

WMS делятся на следующие классы: коробочные, заказные и адаптируемые [1, 2].

Коробочные системы – это готовые системы, имеющие базовый набор функций. Они имеют возможность настройки конфигурации и адаптации под потребности конкретного склада. Коробочные WMS оптимальны для использования на небольших складах со стандартными бизнес-процессами и малочисленным персоналом. К ним относятся Manhattan SCALE, YARUS WMS, ASTOR. Недостатком коробочных систем является функционирование на одной платформе.

Заказные – создаются на заказ для крупных складских предприятий со сложной инфраструктурой, многообразными бизнес-процессами и оказываемыми услугами. Заказные системы поддерживают несколько платформ и большое количество пользователей.

Адаптируемые – состоят из центрального модуля с базовыми функциями и дополнительного модуля, который реализует дополнительные функции, необходимые на конкретном складе. Такие WMS работают под управлением операционных систем Windows и Unix. Подобные системы предназначены для использования на средних и крупных предприятиях со сложными бизнес-процессами. К адаптируемым системам относятся LEAD WMS, CoreWMS, WMS Logistics Vision Suite, Buhta WMS и другие.

Средний срок внедрения коробочной версии WMS составляет от 2-х месяцев до полугода, адаптируемой – от 4 до 10 месяцев, заказной – 1-2 года. Продолжительность внедрения заказной WMS связана со сложностью бизнес-процессов на предприятии, что влечет за собой длинный период адаптации и масштабирования.

Заключение

Таким образом, автоматизация склада путем использования систем WMS и ее технологий позволяет совершенствовать все бизнес-процессы, повысить скорость учета поступивших товаров,

комплектации и доставки заказов до клиентов, избежать ошибок учета и маркировки грузов. Робототехнические комплексы являются перспективным направлением автоматизации склада. Использование методов анализа данных обеспечивает построение оптимальных маршрутов движения техники и персонала, наилучшего использования помещений склада и размещения товаров, управление запасами.

Склады, на которых не используют WMS, экономически менее выгодны, так как они имеют избыток персонала и соответственно несут повышенные расходы на заработную плату, увеличен срок обработки данных и распределения грузов на складе.

Список литературы

1. Овчинникова, А. В. Выбор автоматизированных систем управления складом / А. В. Овчинникова, А. В. Силина, А. А. Петрова // Бизнес. Образование. Право. – 2020. – № 3. – С. 88-92.
2. Khan, M.G. Smart Warehouse Management System: Architecture, Real-Time Implementation and Prototype Design / M. G. Khan, N. U. Huda, U. K. Zaman // Machines. – 2022. – Vol. 10. – S. 150.
3. A Routing and Task-Allocation Algorithm for Robotic Groups in Warehouse Environments / A. Chatzisavvas [et al.] // Information. – 2022. – Vol. 13. – S. 288.
4. Mao, H. Application of Passive Wireless RFID Asset Management in Warehousing of Cross-Border E-Commerce Enterprises / H. Mao // Journal of Sensors. – 2021. – S. 6438057.
5. Репин, А. В. Способ повышения эффективности проведения погрузочно-разгрузочных работ за счет применения робототехнических средств на примере склада ракетно-артиллерийского вооружения / А. В. Репин, Ф. Е. Бессонов, Р. С. Деркач // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2021. – № 4. – С. 138-146.
6. Новикова, Т. П. Автоматизированное проектирование расположения базовых станций беспроводной сотовой связи / Т. П. Новикова, С. А. Евдокимова, Р. Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, № 4. – С. 61-70.
7. Дмитриев, Н. В. Моделирование и исследование автоматизированной складской системы с использованием робототехники // Н. В. Дмитриев // Инновационный транспорт. – 2023. – № 1. – С. 36-39.
8. Ромадов, С. В. Концепция роевой робототехнической системы / С. В. Ромадов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 11. – С. 363-367.

Об использовании графических нотаций моделирования в процессе проектирования информационных систем

С. А. Евдокимова, email: evdsv@mail.ru
Т. П. Новикова, email: novikova_tp.vglta@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

***Аннотация.** В работе на примере проектирования информационной системы для газовой службы показан поэтапный переход от высокоуровневого представления предметной области в виде диаграмм IDEF0 через событийные диаграммы ARIS eEPC к диаграммам UML.*

***Ключевые слова:** информационные системы, методология функционального моделирования IDEF0, событийная диаграмма ARIS eEPC, диаграммы UML.*

Введение

Проектирование информационных систем всегда начинается с предпроектного обследования предметной области, знакомством с деятельностью организации, для которой будет разрабатываться информационная система [1, 2]. На основе результатов обследования формируются требования к будущей ИС, распределение функций ИС по подразделениям и по сотрудникам, определяются внутренние и внешние информационные потоки. Далее разрабатывается архитектура ИС, строятся модели данных, алгоритмы функционирования ИС, проектируется интерфейс [3, 4].

Целью работы является рассмотрение применения графических нотаций в процессе проектирования информационной системы для газовой службы.

1. Графические методологии для описания предметной области

В настоящее время для описания предметной области существуют различные графические методологии, использующие функциональный и процессный подходы. К ним относятся [5-8]:

– IDEF0 – представляет рассматриваемый бизнес-процесс в виде совокупности взаимосвязанных диаграмм. Для описания используются графические объекты двух видов – прямоугольники (работы) и стрелки (взаимосвязи между работами). Стрелки различаются типом (вход,

выход, управление, механизм, вызов), с помощью которого указывается характер взаимодействия, и кто что выполняет;

– IDEF3 – показывает процедуры обработки информации, сценарии действий, выполняемых отдельными сотрудниками. Основными компонентами являются работы, связи (стрелки) и перекрестки (отображают логики слияния и разветвления работ). В отличие от IDEF0 связи могут иметь любое направление, но дополнительно они могут являться потоком объектов или отношением между работами;

– ARIS – методология проектирования интегрированных информационных систем определяет визуальное представление деятельности исследуемой организации. Включает около сотни диаграмм, позволяющих отобразить различные аспекты описания объекта исследования, но на практике чаще других используются организационная диаграмма, диаграмма дерева функций, диаграмма цепочки добавленной стоимости, расширенная событийная цепочка;

– BPMN – стандарт бизнес-моделирования с целью создания сетевого приложения. Поддерживает язык BPEL, созданный на основе XML и предназначенный для описания диаграмм.

Все перечисленные нотации моделирования предназначены для высокоуровневого описания предметной области, а для описания компонент информационных систем необходимо использовать объектно-ориентированный подход, в основе которого лежит объектная декомпозиция системы. Для его реализации применяется унифицированный язык моделирования UML, который включает десятки графических диаграмм, на самом же деле используются диаграммы классов, диаграммы прецедентов, диаграммы последовательностей, диаграммы состояний.

Функциональный и объектный подходы не являются взаимоисключающими, а наоборот, взаимно дополняют друг друга. Вначале разрабатываются функциональные диаграммы, показывающие в наглядной форме кто и как участвует в обработке информации, а затем переходят к проектированию компонентов ИС.

2. Проектирование информационной системы для газовой службы

Рассмотрим, как осуществляется трансформация диаграмм на примере проектирования ИС для газовой службы, которая выполняет техническое обслуживание (ТО) газового оборудования (ГО) населения. Информационная система должна обеспечивать:

- онлайн подачу заявки на ТО клиентом,
- фиксация и обработка заявок оператором газовой службы;
- составление графика обслуживания ГО.

На начальном этапе предпроектного обследования в нотации IDEF0 разработаны диаграммы (рис. 1 и 2), иллюстрирующие деятельность газовой службы. Детально процесс приема и учета заявок представлен с помощью диаграммы ARIS eEPC на рис. 3.

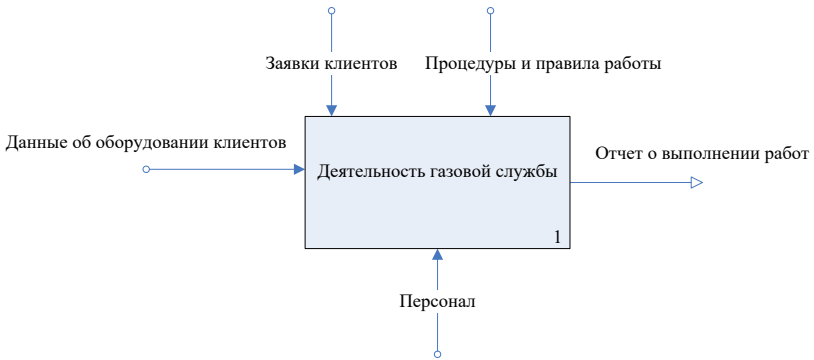


Рис. 1. Контекстная диаграмма

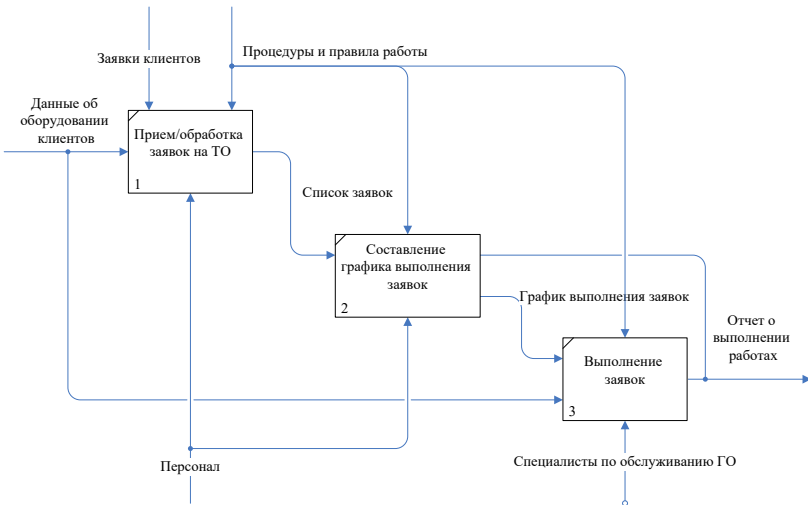


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции

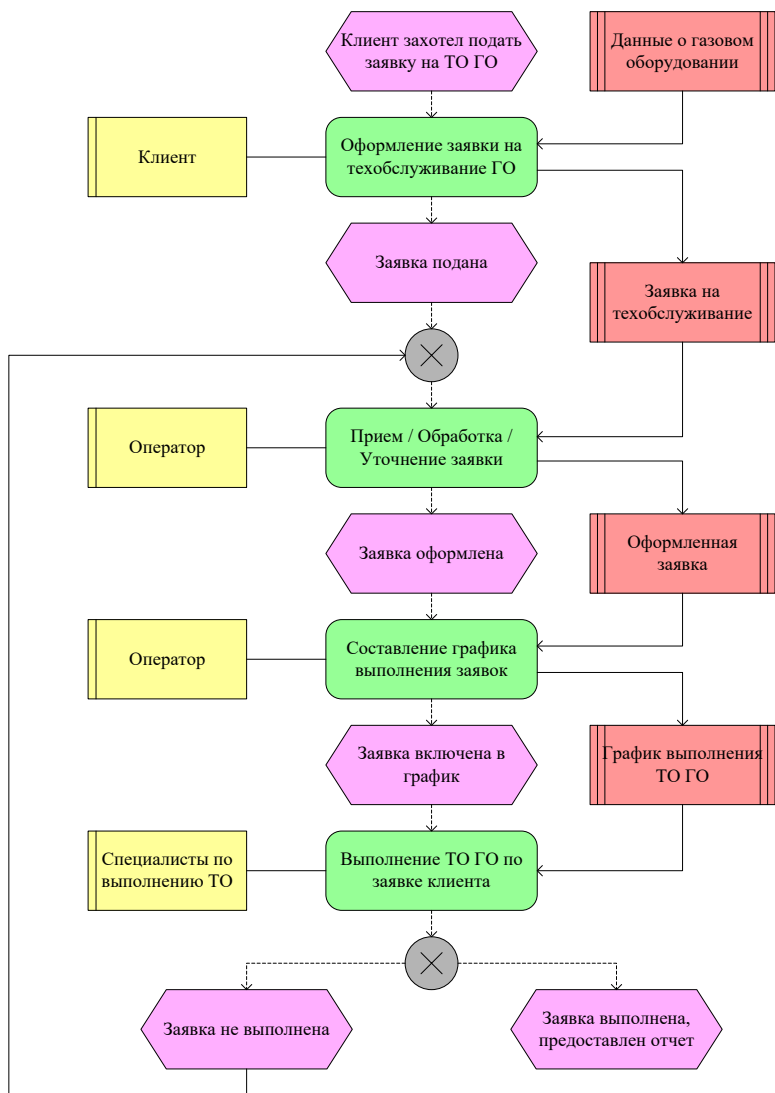


Рис. 3. Диаграмма ARIS eEPC

Контекстная диаграмма IDEF0 (рис. 1) описывает деятельность газовой службы на верхнем уровне, а диаграмма декомпозиции первого уровня содержит три работы, детализирующие родительскую

диаграмму, – «Прием/Обработка заявок на ТО», «Составление графика выполнения заявок», «Выполнение заявок». Соединяющие прямоугольники стрелки показывают информацию, которая передается от блока к блоку.

На диаграмме ARIS eEPC (рис. 3) отображена последовательность событий и функций рассматриваемого процесса, началом является событие «Клиент захотел подать заявку на техобслуживание газового оборудования». По сравнению с диаграммой декомпозицией здесь кроме персонала газовой службы присутствует клиент, который является инициатором процесса. Также появилась работа «Оформление заявки на техобслуживание ГО», в которой участвует клиент.

По событийной диаграмме ARIS eEPC легко выделить пользователей ИС и прецеденты (варианты использования) и построить диаграмму UML (рис. 4). Пользователи ИС выбираются из объектов «Организационная единица» на диаграмме eEPC, а прецеденты формируются на основе функций, в которых участвуют те или иные лица.

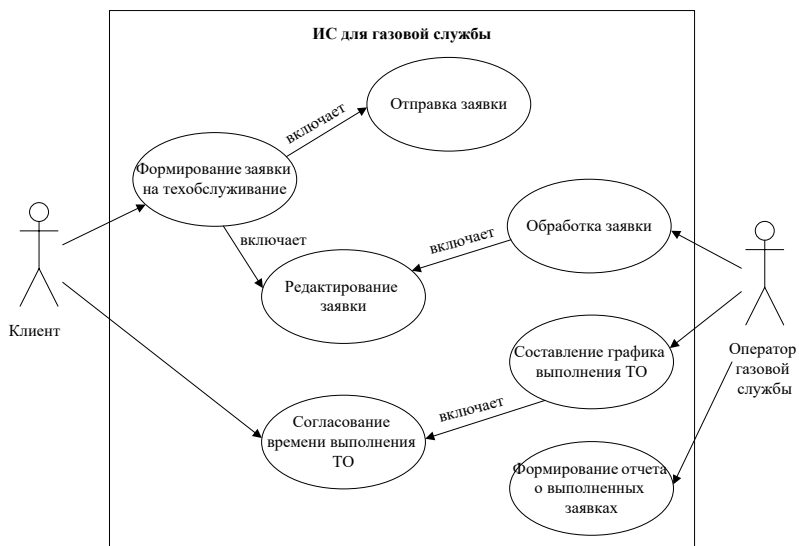


Рис. 4. Диаграмма прецедентов

Заключение

Таким образом, в работе продемонстрировано взаимное дополнение функциональных методологий IDEF0, ARIS и UML. IDEF0

необходимо применять для описания деятельности организации на верхнем уровне, затем разработать диаграммы сценариев выполнения действий с помощью IDEF3 или ARIS eEPC. Событийные диаграммы eEPC отличаются от остальных большой наглядностью и легкостью перехода к диаграммам UML. Если предстоит разрабатывать ИС для мелкой организации или одного отдела, то можно сразу разрабатывать событийные цепочки eEPC.

Список литературы

1. Мышенков, К. С. Обоснование выбора программных средств построения функциональных моделей информационных систем / К. С. Мышенков, М.Ф. Симонов, А. В. Гузилов // Динамика сложных систем – XXI век. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 38-45.
2. Serbin, V. V. Management of the process of designing multi-stream business processes / V. V. Serbin, A. A. Zhanalinova // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2023. – № 1 (60). – С. 163-172.
3. Analysis and Design of Information System for Parking Management «ParkHere» Using Design Thinking Method / R. Sinaga [et al.] // Journal of Information Systems and Informatics. – 2023. – Т. 5(3). – Pp. 1033-1043.
4. Новикова, Т. П. Разработка алгоритма и модели функционирования информационной системы для платного отделения стоматологической поликлиники / Т. П. Новикова, А. А. Бодин, С. А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 51-58.
5. Прокофьев, Г. И. Методы IDEF в моделировании организаций / Г.И. Прокофьев, Р.В. Шубин // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2020. – № 6. – С. 37-43.
6. Kintonova, A. Zh. Modeling of business processes / A. Zh. Kintonova, E. I. Kim, T. Zh. Kutebayev. // European Journal of Natural History. – 2016. – № 6. – С. 57-61.
7. Евдокимова, С. А. Функциональная модель управления входными документами организации в нотации ARIS / С. А. Евдокимова, Д. Н. Драгина // Моделирование систем и процессов. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 14-20.
8. Патрусова, А. М. Функциональное моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN / А. М. Патрусова, О. К. Слинкова, А. В. Дербенёва // Труды Братского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2022. – № 1. – С. 103-107.

Вычислительный инструментарий в задачах принятия решений

Ф. И. Ерешко, email: fereshko@yandex.ru

ФИЦ ИУ РАН

***Аннотация.** В работе рассматриваются возможности использования методов теории управления и иерархических игр для приложений в задачах Проекта разработки двухуровневой человеко-машинной системы поддержки принятия решений.*

***Ключевые слова:** стратегическое планирование и управление, иерархическая структура модели, социально-экономическая система, модель, иерархические игры.*

Введение

Настоящая работа продолжает публикации на конференциях «Информатика: проблемы, методы, технологии» (IPMT) прошлых лет.

В ней содержатся предварительные соображения относительно разработки двухуровневой человеко-машинной системы поддержки принятия решений.

Данная проблема, безусловно, относится к «вечнозелёной» проблеме человеческого сообществ, что подтверждается бесконечными примерами из истории.

Из литературы, Джон Маккарти, 1956 г.: «Искусственный интеллект (Artificial Intelligence) – инженерно-математическая дисциплина, занимающаяся созданием программ и устройств, имитирующих когнитивные (интеллектуальные) функции человека, включающие в том числе анализ данных и принятие решений». Когда этот термин появился, подразумевался не интеллект (размышление), а система сбора и обработки данных для принятия решений.

Далее, в рамках системного подхода к анализу развития социально-экономических процессов обсуждаются элементы Проекта стратегического планирования и управления крупномасштабных объектов многоукладной экономики, характеризующейся комплексным (межотраслевым, межрегиональным) взаимодействием элементов, распределённых на значительной территории, требующих для развития существенных затрат ресурса и времени.

Проект ориентируется на современные прогрессивные тенденции по цифровизации производственных технологий и процедур управления.

Реализация Проекта предполагает создание человеко-машинного информационно-вычислительного комплекса, оснащённого программными средствами для учёта сценариев развития сопутствующих социально-экономических обстоятельств.

Как отмечено выше, в конструкциях принятия решений предполагается использование двухуровневого подхода.

На первом уровне комплекса предполагается разместить программное обеспечение на основе детализированного описания математических моделей, предназначенных для проигрывания различных сценариев развития системы в имитационном режиме.

На втором уровне размещаются агрегированные модели принятия оперативных решений с использованием средств глубокого обучения искусственных нейронных сетей.

Разработанный инструментарий обеспечит регулирование в двух-ядерной экономической иерархической системе со смешанными механизмами директивного организационного управления и децентрализованных рыночных отношений.

1. Примеры разработок

Вопросы управления и принятия решений в организационных системах с иерархической структурой обращали на себя большое внимание и имеют значительную литературу [1-3].

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 (где присутствует ведущий и ведомый: Principal-agents), которая базируется на моделях взаимодействия иерархического характера. В Пресс релизе отмечается, «В современной экономике содержится неисчислимо число контрактов. Новые теоретические инструменты, созданные авторами (Hart и Holmström), ценны для понимания реальных контрактов и институтов, а также для учёта возможных подводных камней в разработке контрактов. Их анализ оптимальных контрактов закладывает интеллектуальный фундамент для разработки стратегий и институтов во многих областях, от законодательства о банкротстве до политических конституций».

Теория контрактов входит в базу институциональной экономики.

Нобелевская премия по экономике 2020 года присуждена Роберту Уилсону и Полу Милгрому за развитие теории аукционов и изобретение их новых форматов.

Аукцион представляет собой иерархическое взаимодействие продавца благ и группы покупателей, Seller -bidders., и составляют организационную основу рыночной экономики. Правительства разных стран использовали аукционы для масштабной приватизации государственных активов — предприятий, прав на разработку недр, вылов рыбы или использование радиочастот.

Аукционные процедуры (тендеры) массово используются для размещения государственных заказов на товары и услуги. В XXI в. Поисковики Google, Yahoo!, Yandex используют аукционы для продажи контекстной рекламы, а интернет-платформы типа eBay дают возможность каждому человеку продавать и покупать товары на аукционах.

И хотя в децентрализованной экономике единого планировщика нет, тем не менее в теоретическом плане удобно представлять себе рынок в качестве площадки, на которой, помимо потенциальных покупателей и продавцов, существует гипотетический аукционист.

Те использовать модели с иерархической структурой [1-3].

В данном классе задач в Западной литературе при формальном анализе иерархических систем используется модель равновесия по Штакельбергу. (Von Stackelbegetg H.), который издавал свои работы в Австрии в 1930-е годы, поддерживая тезис об иерархичности организационной структуры экономики: «... зачем нам национализировать производства, лучше нам национализировать владельцев предприятий», Grundlagen einer reinen Kostentheorie (Основы теории стоимости), Вена, 1932; Marktform und Gleichgewicht (Структура рынка и равновесие), Вена, 1934; Grundlagen der theoretischen Volkswirtschaftslehre (Основы экономической теории), Берн, 1948.

Англоязычному читателю книги фон Штакельберга стали доступны в 50-х годах [4].

Фундаментальные работы по анализу конфликтных ситуаций в иерархических системах были получены школой Гермейера Ю.Б., значительная часть суммирована в [2].

Иерархия рассматривается как естественное развитие принципов оптимальности в теории игр и естественное приложение для задач исследования операций, где рассмотрение ведётся в интересах оперирующей стороны.

Постановка задачи по анализу иерархических игр привлекла значительный интерес большой группы исследователей в ВЦ ФИЦ РАН (ВЦ АН СССР) и ВМК МГУ. Проявленная активность имела результатом три монографии, нескольких десятков статей в ведущих

журналах, выступления на Конференциях и прикладные разработки в разных сферах.

Нами было привлечено внимание А.Б. Рапопорта, ведущего исследователя в Теории систем, бывшего приглашённым директором Institute for Advanced Studies в Вене, к работам школы, и А.Б. Рапопорт сделал и выпустил английский перевод [5]. В Предисловии к переводу книги А.Б. Рапопорт пишет: «За пределами Советского Союза анализ такого сорта был в основном сосредоточен на процессах установления цены, где основные структуры игры, по большей части, довольно элементарны. В работе [5] и его учеников, структура, в которой происходит процесс (включая намного больше, чем торговля), была значительно расширена и разносторонне развита. Особенно интересной темой, одной, которой советские теоретики игры уделили значительное внимание, является тема так называемых иерархических игр, которые могут быть истолкованы как модели плановой экономики с различными степенями централизации или децентрализации».

Значительные продвижения в автоматизации систем поддержки принятия управленческих решений в организационных системах осуществлены в рамках Системы распределённых ситуационных центров (СРСЦ), которые рассматриваются как технологическая и аппаратно-программная основа систем поддержки принятия решений. Основная цель современных ситуационных центров – осуществить поддержку процессов принятия решений руководством на основе наглядных представлений (образов) ситуаций, возникающих в подконтрольной среде, предоставить руководству визуализацию результатов их анализа в наиболее удобной для принятия решений форме. Не только анализ, но и прогноз, тенденции развития ситуации в кратко-, средне-, долгосрочной перспективе.

В отечественных разработках прошлого, в которых были суммированы идеи управления экономическими системами к тому времени, был принципиально поставлен вопрос о новом значении информации в жизни общества и описана трехуровневая в территориальном аспекте система ЭВМ, которые накапливая и обрабатывая информацию, генерировали бы проекты государственных планов и реализовывали бы функции принятия решений. Система получила название Общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС).

2. Механизмы в теории иерархических игр

В рамках этой теории в качестве основных характеристик иерархических систем рассматриваются следующие [2,3]:

1. наличие выделенного участника (Центра) системы, обладающим правом первому выбирать стратегию в зависимости от имеющейся или предполагаемой информации о действиях подчиненных звеньев управления, и сообщать ее нижнему уровню,
2. Центр осуществляет свой выбор, опираясь на принцип наибольшего гарантированного результата.

Ставится задача об отыскании наилучшего поведения Центра с учетом активного поведения подчиненных систем, стремящихся к достижению собственных целей, действуя в рамках правил, устанавливаемых Центром.

Центр стремится к достижению наибольшего значения критерия эффективности $f_0(x, u)$, где выбор Центра $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, $u_i \in U_i$, $u \in U$, $U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$, выборы подсистем $x_i \in X_i$, $x = (x_1, \dots, x_n)$.

Подсистемы нижнего уровня иерархии стремятся к увеличению критериев эффективности $f_i(x_i, u_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, $x_i \in X_i$,

Механизмы 1-го типа (прямые). назначение плановых заданий, распределение ресурсов, назначение цен, квот, и других ограничений на производство, т. е. конкретных значений $u \in U$ и сообщении их подсистемам.

Наилучшие значения управляющих переменных определяются из решения задачи

$$G_1 = \sup_{u \in U} \min_{x_i \in B_i^1(u_i)} f_0(x, u), \quad (1)$$

где B_i^1 – множество оптимальных откликов подсистем

$$B_i^1 = \left\{ x_i \in X_i \mid f_i(x_i, u_i) = \max_{y_i \in X_i} f_i(y_i, u_i) \right\}. \quad (2)$$

Механизмы 2-го типа (с обратной связью). тарифные сетки, правила поощрений и штрафных санкций, налоговая политика, механизмы стимулирования.

Центр рассчитывает получить информацию о выборах подсистем в момент выбора собственной стратегии и формулирует механизм как функции $\tilde{u}_i = u_i(x_i)$. Тогда

$$B_i^2(\tilde{u}_i) = \left\{ x_i \in X_i \mid f_i(x_i, u_i(x_i)) = \sup_{y_i \in X_i} f_i(y_i, \tilde{u}_i) - \delta_i(\tilde{u}_i) \right\}, \quad (3)$$

$$\delta_i(\tilde{u}_i) \geq 0,$$

и наибольший гарантированный результат центра равняется

$$G_2 = \sup_{\tilde{u} \in \tilde{U}} \inf_{x_i \in B_i^2(\tilde{u}_i)} f_0(x, \tilde{u}), \quad (4)$$

3. Сетевая модель

Изложим вкратце формальную запись структуры модели Стратегического планирования [9], как модели взаимодействия активных агентов в целях удобства сравнения с записями управления в других схемах.

Сетевая модель учитывает технологические и организационные связи предприятий экономической системы, в виде теоретико-игровой модели с иерархической структурой, с приоритетом действий Центра и учётом связей между агентами технологического графа. Задача принятия решений Центра сформулирована с учётом неопределённостей и рисков. Рассматривается случай, который возникает при моделировании трёхуровневой организованной экономической структуры в составе концептуальных моделей экономики развития, и предполагается, что организационно экономическая система состоит из трех уровней: Центр – интегрированные структуры (холдинги) – предприятия. Организационная структура отражает технологические связи системы: предприятия, располагая производственными мощностями и получая необходимые ресурсы, выпускают продукцию и передают на следующий уровень (в интегрированные структуры), которые (возможно после переработки) передают её далее в Центр. Существенно, что в постановке учтено наличие различия в информированности участников.

Считаем, что каждый агент – это производственная единица. Пусть агент уровня $k+1$ может поставлять свою продукцию единственному агенту уровня k . Значит, для каждого агента kn уровня k определено множество S^{kn} подчиненных ему агентов уровня $k+1$, причем множества S^{kn} попарно не пересекаются. Таким образом, имеется иерархическая система веерного типа.

Рассматриваем случай, когда в системе обращается M видов продукции, и Центр ставит задачу производства объёмов продукции $x = (x_1, \dots, x_M) \in \mathbb{R}_+^M$ (компонента x_m вектора x – это количество продукции вида m , которое система должна произвести). Вектор x – параметр задачи.

Центр распределяет задание между агентами первого уровня, выбирая векторы $v^{0n} = (v_1^{0n}, \dots, v_M^{0n}) \in \mathbb{R}_+^M$.

Пусть агент kn обладает L технологиями. Технология $l = 1, \dots, L$ используемая с интенсивностью w_l позволяет произвести вектор продукции $\varphi_l(w_l) \in \mathbb{R}_+^M$ но при этом затрачивается вектор ресурсов $\psi_l(w_l) \in \mathbb{R}_+^M$. Часть ресурсов агент может получить от подчиненных ему агентов, определив набор $v^{kn} = (v^{kn,1}, \dots, v^{kn,N})$ векторов заказов $v^{kn,i} \in \mathbb{R}_+^M$ ($v^{kn,i} = 0$, if $i \notin S^{kn}$). Цены, по $p^{kn} = (p_1^{kn}, \dots, p_M^{kn})$ которым он получает эти ресурсы, выбирает Центр. Остальные ресурсы агент приобретает на внешнем рынке по ценам $\pi = (\pi_1, \dots, \pi_M)$ (M это – параметр модели).

Таким образом, множество управлений Центра есть $U = \prod_{k=1}^k \prod_{n=1}^N U^{kn}$,

где $U^{1n} = \mathbb{R}_+^{(N+1)M}$ и $U^{kn} = \mathbb{R}_+^M$, $k = 2, \dots, K$, $n = 1, \dots, N$.

Цель агента состоит в минимизации собственных затрат при обязательном выполнении полученных заданий.

Рассмотрим задачу оптимизации

$$\begin{aligned}
 & p^{kn} \cdot \sum_{i=1}^N v^{kn,i} + \pi \cdot \left(\sum_{l=1}^L \Psi^l(w^l) - \sum_{i=1}^N v^{kn,i} \right) \rightarrow \min, \\
 & \sum_{l=1}^L \varphi^l(w^l) = \sum_{i=1}^N v^{(k-1)i,n}, \\
 & w^l \geq 0, l = 1, \dots, L.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Переменными в этой задаче являются интенсивности w^l , а p^{kn} , v^{kn} и v^{k-1} – параметры. Пусть $h^{kn}(u^{kn}, v^{k-1}, v^{kn})$ – оптимальное значение критерия в этой задаче.

Будем считать, что целью Центра является выполнение задание по производству, то есть обеспечение, во-первых, «физических» поставок продукции заказчику, а во-вторых, достаточных для производства финансовых средств у всех агентов. Это описывается функцией выигрыша

$$\begin{aligned}
 & g(u, v^1, \dots, v^K) = \\
 & = \min \left\{ \begin{array}{l} \min_{1 \leq m \leq M} \left(\sum_{n=1}^N v_n^{0n} - x_m \right), \\ \min_{1 \leq k \leq K} \min_{1 \leq n \leq N} \left(p^{(k-1)i} \cdot \sum_{i=1}^N v^{(k-1)i,n} - p^{kn} \cdot \sum_{i=1}^N v^{kn,i} + h^{kn}(u^{kn}, v^{k-1}, v^{kn}) \right) \end{array} \right\}. \tag{6}
 \end{aligned}$$

Цены p^{oi} считаются параметрами модели. Считаем, что они от i не зависят.

Если максимальный гарантированный результат Центра в описанной модели неотрицателен, то полученный заказ выполним. В противном случае выделенных заказчиком средств $p^{oi} \cdot x$ для выполнения заказа недостаточно.

4. Связь с искусственным интеллектом

В настоящее время развитие приложений искусственного интеллекта в стране следует определению: «Искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач, результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе в котором используется методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений».

Это соответствует и определению Джона Маккарти, автора термина Artificial Intelligence, одного из основателей Stanford AI Lab (1955).

Официальная точка зрения в США акцентировано выражена в Указе Президента США <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/> от 11 февраля 2019 «о сохранении американского лидерства в области искусственного интеллекта. Неотъемлемой частью инициативы станут федеральные агентства, разрабатывающие бюджеты НИОКР в области ИИ для поддержки их основных задач. Но для воплощения этих идей в реальность нужна инфраструктура. Для ИИ это означает данные, модели и вычислительные ресурсы».

Перечисленные запросы представляют явные подтверждения значимости математического моделирования при проектировании систем принятия решений.

Если ставить проблему использования технологий ИИ в задачах управления, прогнозирования в экономике, то необходимо иметь модели процессов, адаптированные к применению схем ИИ. Именно через разработку моделей лежит прямой путь по вхождению в тренд формирования цифровой экономики.

Как отмечается Шолле в [12] стр. 28: «Глубокое обучение — это особый раздел машинного обучения: новый подход к поиску представления данных, делающий упор на изучение последовательных

слоев (или уровней) все более значимых представлений. Подходящими названиями для этой области машинного обучения могли бы служить: многослойное обучение и иерархическое обучение. В глубоком обучении такие многослойные представления изучаются (почти всегда) с использованием моделей, так называемых нейронных сетей, структурированных в виде слоев, наложенных друг на друга».

Изложение исторических аспектов следует книге Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.: цв. ил. ISBN 978-5-97060-618-6

«Глубокое обучение, как дисциплина возникло еще в 1940-х годах.

Название кажется новым лишь потому, что в течение нескольких лет, предшествующих нынешнему всплеску популярности (2016 г), пребывало в тени, а также потому, что названия менялись, и только недавно эта дисциплина стала называться «глубоким обучением».

Прежние названия отражали вес разных исследователей в научных кругах и разные точки зрения на предмет.

Если отвлечься от деталей, то было три волны разработок:

в 1940–1960-х годах глубокое обучение было известно под названием кибернетики, в 1980–1990-х – как коннекционизм, а в современной инкарнации – под нынешним названием – оно возродилось в 2006 году.

Две из трех исторических волн исследований по искусственным нейронным сетям, оценены по частоте фраз «cybernetics» и «connectionism или neural networks» согласно Google Books (третья волна началась недавно и еще не отражена).

Первая волна, связанная с кибернетикой,

приходится на 1940–1960-е годы, когда разрабатывались теории биологического обучения (McCulloch and Pitts, 1943; Hebb, 1949) и были реализованы первые модели, в частности перцептрон (Rosenblatt, 1958), позволявшие обучить один нейрон.

Вторая волна периода 1980–1995 гг. связана с коннекционистским подходом, когда метод обратного распространения (Rumelhart et al., 1986a) был применен к обучению нейронной сети с одним или двумя скрытыми слоями. Вторая волна работ по нейронным сетям продолжалась до середины 1990-х годов. Но компании, специализирующиеся на нейронных сетях и других технологиях ИИ, стали давать чрезмерно амбициозные обещания в попытках привлечь инвестиции.

Когда ИИ не оправдал этих неразумных надежд, инвесторы испытали разочарование. В совокупности эти два фактора привели к спаду интереса к нейронным сетям, который продолжался до 2007 года.

Третья волна (глубокое обучение) работ по нейронным сетям началась с прорыва в 2006 году. Джеффри Хинтон показал, что так называемые глубокие сети доверия можно эффективно обучать с помощью стратегии жадного последовательного предобучения (Hinton et al., 2006; Bengio et al., 2007; Ranzato et al., 2007) и только теперь – в 2016 году – описывается в виде книги. Основная идея, навеянная осмыслением работы мозга, – наличие большого числа вычислительных блоков, которые обретают разум только в результате взаимодействий.

Поэтому одно из прежних названий глубокого обучения – искусственные нейронные сети (ИНС). Им соответствует взгляд на модели глубокого обучения как на инженерные системы, устроенные по образцу биологического мозга (человека или животного).

Центральная идея коннективизма состоит в том, что при наличии большого количества вычислительных блоков, объединенных в сеть, удастся достичь разумного поведения.

Третья волна популярности нейронных сетей продолжается и во время написания этой книги (2016 г.), хотя фокус исследований значительно сместился. Поначалу в центре внимания находились методы обучения без учителя и способность глубоких моделей, обученных на небольших наборах данных, к обобщению

А теперь большой интерес вызывают гораздо более старые алгоритмы обучения с учителем и возможность задействовать большие размеченные наборы данных при обучении глубоких моделей. Эта тенденция обусловлена возрастающей цифровизацией общества. Чем активнее применяются компьютеры, тем больше записей о том, что мы делаем. А поскольку компьютеры объединяются в сети, становится проще централизованно хранить эти записи и построить из них набор данных, подходящий для машинного обучения.

В рамках этого философского течения форма связей и элементов может меняться от модели к модели. Искусственные нейронные сети (ИНС) отразили идею, что элементы в сетях принятия решений могут быть подобны биологическим нейронам, а связи — синапсам. В вершинах ИНС располагаются искусственные нейроны, которые играют роли трансформаторов информации

Другими подходящими названиями для этой области машинного обучения могли бы служить: многослойное обучение и иерархическое обучение.

Нами принимается следующее определение:

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это модель процесса трансформации информации, построенная по образу и подобию биологической нейронной сети, и может иметь вербальное, схематическое, формульное, в кодах, технологическое и техническое описание.

Заключение

Как видно из записи данной модели планирования, по форме записи-это иерархическая игра.

Исследование вычислительных процедур анализа динамических процессов принятия решений в человеко-машинных комплексах направлено на изучение многошаговых иерархических игр в рамках развития направления создания человеко-машинного комплекса поддержки принятия решений в организационных системах. Иерархия рассматривается как естественное развитие принципов оптимальности в теории игр и естественное приложение для задач исследования операций, где рассмотрение ведётся в интересах оперирующей стороны [2,3].

В прикладном отношении исследование в западном мире отмечена нобелевской премией одна из частных задач распределения ресурсов в иерархической системе- задача распределения радиочастот государством среди конкурирующих средств массовой коммуникации.

Можно также отметить актуальность данного класса задач для западных разработчиков, например, распределение заказов в Военно-промышленном комплексе США.

Новый подъём интереса в стране к иерархическим задачам определяется текущим запросом общества в условиях широкого обращения к достижениям в сфере искусственного интеллекта.

С практической точки зрения необходимость разработки определяется установленным фактом, что задача поиска весов в глубоком обучении искусственных нейронных сетей и задача учёта локальной активности отдельных участников при глобальном устремлении к оптимизации общего критерия экономической системы являются частными случаями задачи разрешения многошаговых иерархических игр при наличии многих активных участников операции [10, 11].

С теоретической точки зрения необходимо отметить, что исследование будет сочетать имитационные и оптимизационные подходы.

Примером приложения может служить ОПК страны, где необходимо полноценное информационное обеспечение для принятия стратегических решений [16].

Список литературы

1. Моисеев, Н. Н. О некоторых задачах теории иерархических систем / Н. Н. Моисеев, Ю. Б. Гермейер // Проблемы прикладной математики и механики. – М.: Наука, 1971. – С. 30–43.
2. Гермейер, Ю. Б. Игры с непротивоположными интересами с предисловием Н. Н. Моисеева / Ю. Б. Гермейер – М.: Наука, 1976. – 328 с.
3. 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.
4. Von Stackelberg H. The Theory of the Market Economy / Von Stackelberg H. - Oxford: Oxford University Press, 1952. – 328 p.
5. Germeier, Yu. B. Nonantagonistic games; translated from the Russian and with a preface by Anatol Rapoport. / Yu. B. Germeier — Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., 1986. - 331 с.
6. Пospelов И. Г. Системный анализ рыночной экономики: учеб. пособие / И. Г. Пospelов. – М.: МФТИ, 2018. – 142 с.
7. Shubik, M. Game-Theory Approach to Political Economy / M. Shubik - London, 1984.
8. Ерешко, Ф. И. Инструментарий иерархических игр в стратегическом планировании / Ф. И. Ерешко // Стратегическое планирование и развитие предприятий, материалы XXIV Всероссийского симпозиума. - Москва, 11–12 апреля 2023.
9. Ерешко, Ф. И. Управление в крупномасштабных проектах многоукладной экономики / Ф. И. Ерешко, А. Ю. Мушков, Н.И. Турко, А.Д. Цвиркун // Автоматика и телемеханика. - 2022. - № 5. – С. 156–172.
10. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение; пер. с англ. А. А. Слинкина / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
11. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python. / Ф. Шолле - СПб.: Питер, 2018. - 400 с.
12. Ерешко, Ф. И. Игровое представление искусственных нейронных сетей / Ф. И. Ерешко, М. А. Горелов // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сборник научных трудов XVI Международной школы-симпозиума АМУР-2022. - Симферополь-Судак, 14-27 сентября 2022.
13. Горелов, М.А. Иерархическая структура сетевых моделей в экономике и искусственных нейронных сетей. Тенденции развития Интернет и цифровой экономики / М. А. Горелов, Ф. И. Ерешко // Труды V Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. - Симферополь-Алушта, 02–04 июня 2022.

14. Ерешко, Ф. И. Информационные технологии и математическое моделирование экономических систем / Ф. И. Ерешко // Теория и практика экономики и предпринимательства: Труды XX Международной научно-практической конференции. - Симферополь - Гурзуф, 20–22 апреля 2023.

15. Довгучиц, С. И. Математическое моделирование в решении задач информационно-аналитического обеспечения управления развитием оборонно-промышленного комплекса / С. И. Довгучиц, А. Ю. Мушков, Ф.И. Ерешко // Науч. вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2021. – № 1. – С. 5–15.

Цифровая трансформация общества и социогуманитарные проблемы изучения информатики в науке и образовании

А. А. Зацаринный, email: azatsarinny@ipiran.ru

К. К. Колин, email: kolinkk@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук

***Аннотация.** Предлагается концепция комплексного подхода к изучению проблем информатики в науке и образовании, которая учитывает социогуманитарные аспекты цифровой трансформации современного общества. Показан научно-методологический задел для решения этой проблемы, созданный за последние годы в Российской академии наук.*

***Ключевые слова:** информатика, информационное образование, цифровая трансформация.*

Введение.

Проведённое исследование включает анализ известных когнитивных, семантических моделей (примеры [1-6]) и моделей сетевого управления (примеры [7-11]), их осмысление и создание научно-технических решений, обладающих статусом объекта интеллектуальной собственности «изобретение» (новизна, полезность, оригинальность). Руководствуясь вышеизложенным, поставлена и решена задача создания нового научно-технического решения – цифровой платформы для интеллектуально-информационной поддержки организационных систем в отраслях экономики и в сферах управления [12].

Назначением данной цифровой платформы является образование единой информационной среды для взаимодействия наукоёмких предприятий-производителей и патентообладателей тех исследований и объектов интеллектуальной собственности, которые удовлетворяют классификационным требованиям к проектируемым изделиям или востребованы для их производства.

Техническим результатом является автоматическое распознавание IP-адресов и передача по ним данных об исследованиях.

Повышение эффективности наукоёмкого производства заключается в сокращении времени на создание новых высокотехнологичных

изделий за счёт исключения ряда научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на предприятиях-производителях.

В статье представляются основные аналоги и логическая информационная модель, как ядро цифровой платформы.

1. Основные направления цифровой трансформации общества

Анализ мировых тенденций процесса цифровой трансформации общества показал, что в нем можно выделить следующие социально значимые направления.

Глобальные системы мобильной связи и телекоммуникаций. Эти системы уже охватывают всю нашу планету и создают условия для повышения качества жизни во многих странах. На их основе создаются и все более широко используются социальные сети различного назначения, которые становятся принципиально новой формой общения между людьми. И это требует специального изучения в науке и образовании возникающих новых возможностей, вызовов и угроз.

Электронные платежные системы. Эти системы достаточно широко используются в различных странах мира. Они дают большую экономию социального, повышают оперативность и безопасность финансовых операций и уже стали атрибутами новой информационной культуры общества. Некоторые из них являются международными и позволяют осуществлять финансовые операции в других странах. Негативная сторона этого важного достижения информационно-технологической революции состоит в том, что электронные платежи создают информацию, которая может быть использована для контроля личности. В результате анализа финансовых операций человека можно многое узнать об его образе жизни, связях и предпочтениях, а также о его планах и намерениях.

Информационные ресурсы общества и цифровые платформы. Многие социально значимые информационные ресурсы общества уже переведены в электронную форму и становятся доступными удаленным пользователям [3]. Важным инструментом для этого становятся цифровые платформы, которые все более широко используются в науке, образовании, культуре и общественной жизни, в том числе, для оказания населению государственных информационных услуг. Примером здесь может служить созданная в России система многофункциональных центров таких услуг, которая сегодня успешно функционирует во многих городах нашей страны. Она позволяет населению получать эти услуги в дистанционном режиме - через личный кабинет в своем персональном компьютере. Это дает большую экономию социального времени, но, конечно же, требует и соответствующего уровня

компьютерной грамотности населения, которую должна обеспечивать система образования.

Информационно-аналитические ситуационные центры. Такие центры сегодня имеются практически во всех органах государственного управления регионами нашей страны, а также во многих министерствах и ведомствах. Идет процесс объединения этих центров в единую систему, где они смогут взаимодействовать между собой по определенному регламенту. Это должно существенным образом повысить качество и эффективность государственного управления, но требует адекватной подготовки специалистов и руководителей аппарата управления [4, 5].

Спутниковые системы информационного мониторинга и навигации. В настоящее время информатизация распространилась и на космическое пространство. Важным достижением здесь стало создание глобальных систем космической связи и навигации, наиболее известными из которых сегодня являются российская система ГЛОНАСС и американская GPS. Собственную аналогичную систему имеет Китай, который стремится обеспечить независимость от зарубежных технологий. Использование этих систем существенным образом изменило ситуацию в области повышения безопасности автомобильного, морского и воздушного транспорта, а также позволяет получать информацию о ситуации на поверхности нашей планеты в режиме реального времени, что очень важно для своевременного реагирования на опасные ситуации.

Системы и средства искусственного интеллекта. Это направление находится в настоящее время в области бурного развития, которое активно поддерживается государственной политикой многих стран, где приняты и осуществляются специальные национальные программы. При этом Китай объявил о своих планах мирового лидерства в области теории, методов, средств и технологий искусственного интеллекта, которое он планирует достичь к 2030 году. Аналогичные планы имеются и у Великобритании. По оценкам специалистов, основными сферами применения искусственного интеллекта в ближайшие годы станут следующие:

1. Общественное производство в промышленности и сельском хозяйстве, где будут создаваться “умные фабрики” и роботизированные агрокомплексы, что повысит качество продукции и сократит потребности в рабочей силе;

2. Беспилотный транспорт на автомобильных железнодорожных, речных, морских и воздушных коммуникациях [6];

3. Здравоохранение и медицина, где будут использоваться интеллектуальные диагностические системы и медицинские роботы для выполнения прецизионных операций;

4. Интеллектуальные экспертные и информационно-аналитические системы для подготовки и принятия решений по управлению сложными системами, в том числе, оборонного назначения.

Системные аналитики прогнозируют, что слишком быстрое развитие и практическое использование средств и методов искусственного интеллекта создает новые угрозы для безопасности человека и общества. В их числе наиболее опасными могут стать следующие:

1. Повышение уровня безработицы в результате сокращения занятости в промышленности и сельском хозяйстве, а также в финансовой, фармацевтической и библиотечной сферах;

2. Неадекватность рекомендаций систем искусственного интеллекта, прошедших обучение на недостаточно достоверной или намеренно искаженной информации;

3. Виртуализация общества в результате развития систем виртуальной и дополненной реальности;

4. Утрата человеком ряда своих важных интеллектуальных качеств в результате передачи их системам искусственного интеллекта [7];

5. Кибернетическое протезирование органов человека, в результате которого люди будут превращаться в киборгов;

6. Морально-этические проблемы взаимоотношений между людьми и автономными роботами в гибридном обществе будущей цивилизации [8];

7. Возможность создания Супермозга человека в результате его непосредственного подключения к компьютерной сети через встраиваемый биологический интерфейс.

Некоторые из перечисленных угроз сегодня могут показаться уделом отдаленного будущего. Однако история показывает, что процессы трансформации информационной сферы общества часто опережают самые смелые прогнозы. Поэтому здесь необходимы специальные исследования новых угроз.

2. Гуманитарные и социобиологические аспекты цифровой трансформации общества

Исследования показывают, что в настоящее время мировая цивилизация находится на переломном этапе своего развития [9, 10]. Новая информационная техника, технологии и средства коммуникаций формируют новую информационную реальность, которая качественно изменяет человека и общество. В результате этого в середине XXI века

будет сформирована информационная цивилизация, становление которой прогнозировалось российскими учеными еще в начале этого века [11]. Ее отличительными особенностями будут информационный образ жизни, информационная занятость и новая информационная культура [12].

Такие представления о будущем мировой цивилизации характерны, главным образом, для российских ученых, которые всегда придавали особую значимость социогуманитарным аспектам развития общества. В то же время, для зарубежных исследователей стран Запада более характерен экономический и технологический подход к изучению процессов информационного развития общества [13, 14]. И этот подход, конечно же, находит свое отражение в системе образования и приоритетах исследований.

В последние годы эта ситуация начинает изменяться в лучшую сторону. Появились результаты исследований воздействия интенсивных потоков информации на психику и физиологию человека [15]. Они стали весьма неожиданными – воздействие на человека информационной среды его обитания оказалось гораздо более сильным, чем это считалось ранее. Мало того, это воздействие является многоплановым и проявляет себя не только в изменении характера и способов взаимодействия между людьми, но также и на их психологическом и физиологическом уровнях. Поэтому на первый план выдвигается проблема безопасного развития современного человека, который, практически с момента своего рождения, оказывается погруженным в насыщенную информацией среду своего обитания. Это стимулировало появление в России нового направления изучения природы человека, которое получило название Информационной антропологии [16].

Особенно актуальной эта проблема является для безопасности молодого поколения жителей нашей планеты. Учитывая это, профессор Московского гуманитарного университета Вал. А. Луков предложил концепцию междисциплинарных исследований, которые он назвал Биосоциологией молодежи [17, 18]. Речь в ней идет о необходимости системного изучения тех изменений, которые происходят в биологической структуре мозга молодого человека в результате длительного воздействия на него интенсивных потоков информации в современном обществе.

К сожалению, оба этих направления еще не получили должного развития в науке и образовании, хотя необходимость этого очевидна, и она возрастает по мере становления информационной цивилизации. Поэтому нам представляется, что в предметной области информатики, как науки об информационных процессах в природе и обществе, следует

существенным образом расширить философские и гуманитарные разделы исследований. Определенный научно-методологический задел для этого в настоящее время уже имеется.

Так, например, в 2006 г. был издан специальный выпуск сборника научных трудов Института проблем информатики РАН, которые были целиком посвящены научно-методологическим проблемам информатики [28]. В нем было показано, что информатика становится ядром новой научной отрасли Информационные науки. Последующий период развития информационных исследований подтверждает этот прогноз российских ученых. В настоящее время проблемы информатики изучаются также и на уровне общеобразовательной школы. Они являются предметом особого внимания со стороны руководителей и сотрудников школьных библиотек России [19].

3. Цифровая трансформация общества и образование

Исследования показывают, что для обеспечения адекватной реакции общества на глобальный вызов его цифровой трансформации необходима существенная модернизация системы образования на всех его уровнях. С этой целью в Институте проблем информатики РАН разработана концепция формирования комплексной системы информационного образования [20]. Она предполагает изучение не только информационно-технологических аспектов систем и средств информатики, но также и гуманитарных проблем, связанных с их все более широким использованием в различных сферах жизнедеятельности.

Особое внимание в этой Концепции уделяется проблематике обеспечения информационной безопасности, которая понимается как комплексная междисциплинарная проблема современности. Ее новыми аспектами становятся обеспечение живучести жизненно важных структур информационного общества, а также проблемы обеспечения интеллектуальной, когнитивной, лингвистической и ментальной безопасности современного общества [21-24].

Проблема информационного образования является особенно актуальной для нашей страны еще и потому, что в настоящее время она находится в эпицентре Мировой гибридной войны, которую США ведут против всех других стран для сохранения своего мирового доминирования [25-27]. Сегодня осуществляется первый этап этой войны, целью которого является экономическое ослабление России и устранения ее с мировой арены как идеологического, экономического и военного конкурента США. На последующих этапах аналогичные цели поставлены в отношении Китая и Индии, а также Ирана и Северной Кореи.

Нам представляется, что благоприятные условия для формирования комплексной системы информационного образования в России создает решение Минобрнауки РФ о реформировании магистерского уровня подготовки кадров высшей квалификации. Об этом решении объявлено в январе 2024 года. При этом указано, что оно будет обязательным для всех видов учреждений системы высшего образования. Магистратура будет включать три направления подготовки кадров:

1. Специалистов высокой квалификации данного профиля;
2. Будущих руководителей подразделений и организаций;
3. Будущих научных работников.

Такая структура должна существенно повысить качество магистерской подготовки кадров. При этом важным критерием этого качества должен стать уровень их информационного образования. Определенный научно-методологический задел для решения этой проблемы в Российской академии наук создан и должен быть эффективно использован. Так, например, в России создана и уже более 30 лет функционирует научная школа Социальной информатики, основателем которой является известный российский ученый А.Д. Урсул. Результаты исследований и научно-методологических разработок этой школы хорошо известны в России и других странах - в Китае, Болгарии, Чехии, Бельгии. Изданы монографии, учебные пособия, базовые программы учебных курсов для системы образования [28-30].

Россия также является мировым лидером в области изучения философии информации и философских проблем информатики как фундаментальной науки об информационных процессах в природе и обществе [31 - 33]. Результаты этих исследований формируют новое мировоззрение, адекватное все более сложной информационной реальности современного мира, а также создают научно-методологическую основу для получения более целостного знания и интеграции его естественнонаучного и гуманитарного направлений. Такие знания необходимы для проектирования цифрового будущего, методы которого уже разрабатываются в России [34].

Список литературы

1. Кастельс, М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура: пер. с англ. – М.: ГУ-ВШЭ, 2000. – 608 с.
2. Шваб, Клаус. Четвертая промышленная революция: перевод с английского /Клаус Шваб. – М.: Изд-во "Э", 2017. – 208 с.
3. Зацаринный, А. А., Киселев, Э. В., Козлов, С. В., Колин, К. К. Информационное пространство цифровой экономики России. Концептуальные основы и проблемы формирования /Под общей редакцией А.А. Зацаринного. – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 236 с.

4. Методы построения и технологии функционирования ситуационных центров /Сборник статей под ред. А.А. Зацаринного. – М.: ИПИ РАН, 2011. – 258 с.
5. Зацаринный, А. А., Козлов, С. В., Колин, К. К. Система распределенных ситуационных центров как технологическая основа повышения эффективности государственного управления в России // Информационные процессы, системы и технологии, 2023, № 3. – С. 2-15.
6. Кошкин, Р. П. Беспилотные авиационные системы. – М. : Стратегические приоритеты, 2016. – 676 с.
7. Зиновьев, А. А. Глобальный человек: избранные произведения /А. А. Зиновьев. – М.: "Конон+", 2019. – 368 с.
8. Урвик, Кевин. Наступление машин. Почему миром будет править новое поколение роботов /Кевин Урвик, перевод с англ. Е.В. Кокуриной. – М.: МАИК "Наука/Интерпериодика", 1999. – 240 с.
9. Моисеев, Н.Н. Быть или не быть. человечеству? – М. : Ульяновский дом печати, 1999. – 288 с.
10. Моисеев, Н. Н. Время определять национальные цели. - М. : Изд-во МНЭПУ, 1997. – 256 с.
11. Колин, К. К. Информационная цивилизация. – М.: ИПИ РАН, 2002. – 112 с.
12. Информационное общество. – М.: Изд-во АСТ, 2004. – 507 с.
13. Тоффлер, Э. Третья волна. – М.: Изд-во АСТ, 1999. – 784 с.
14. Луенбергер, Д. Дж. Информатика /Дэвид Дж. Луенбергер: под ред. К. К. Колина; пер. с англ. Ю. Л. Цвирко. - М.: Техносфера, 2008. – 447 с.
15. Смолл, Г., Ворган, Г. Мозг онлайн. Человек в эпоху интернета /Гэри Смолл, Гиги Ворган: пер с англ. Б. Козловского. – М.: Колибри, 2011. – 352 с.
16. Колин, К. К. Информационная антропология: поколение NEXТ и новая угроза психологического расслоения человечества в информационном обществе //Вестник Челябинской государственной академии культуры и искусств, 2011, № 4. – С. 32-36.
17. Луков, Вал. А. Биосоциология молодежи: теоретико-методологические основания: научная монография /Вал. А. Луков. – М.: Изд-во МосГУ, 2013. – 430 с.
18. Луков, Вал. А. Биосоциология молодежи как новая научная дисциплина //Горизонты гуманитарного знания, 2018, № 2. – С. 3-16.
19. Информация и научное мировоззрение /Сборник статей. – М.: Российская школьная библиотечная ассоциация, 2013. – 432 с.

20. Колин, К. К. Образование для информационного общества: проблемы и приоритеты //Информационное общество, 2022, № 5. – С. 16-34.
21. Быстров, И. И. Живучесть автоматизированных организаций. - М.: Изд-во Майор, 2016. – 506 с.
22. Ильницкий, А.М. Стратегия ментальной безопасности //Военная мысль, 2022, № 4. – С. 24-35.
23. Сергин, В.Я. Психоинформатика: природа познавательных и творческих способностей человека. – Красноярск, Изд-во СФУ, 2011. – 65 с.
24. Дашкевич, В. С. Великое культурное одичание: Арт-анализ. – М.: Russian Chess House, 2013. – 720 с.
25. Смирнов, А.И. Информационная глобализация и Россия: вызовы и возможности. – М.: Парад, 2005. – 392 с.
26. Барташ, А. А. Мировая гибридная война. – М.: Горячая линия-Телеком, 2023. – 540 с.
27. Ильницкий, А. М. Стратегия гегемона – стратегия войны //Военная мысль, 2023, № 6. – С. 18-36.
28. Смирнов, А. И. Информационная глобализация и Россия: вызовы и возможности. – М.: Парад, 2005. –392 с.
29. Колин, К. К. Становление информатики как фундаментальной науки и комплексной научной проблемы //Системы и средства информатики. Спец. Вып., 2006. Т.16, № 3. – 7-58.
30. Колин, К.К. Социальная информатика: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект, 2003. – 432 с.
31. Колин, К. К. Социальная информатика. Базовая модульная программа учебного курса для системы высшего образования. – М. : ИПИ РАН, 2001. – 80 с.
32. Урсул, А. Д. Природа информации: философский очерк. – М. : Политиздат, 1968. – 288 с.
33. Колин, К. К. Философские проблемы информатики. – М. : БИНОМ, 2010. – 264 с.
34. Гуревич, И. М., Урсул, А. Д. Информация - всеобщее свойство материи: Характеристики, оценки, ограничения, следствия. – М. : ЛИБРОКОМ, 2012. – 312 с.
35. Гуревич, И. М. Законы информатики – основа строения и познания сложных систем. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2007. – 400 с.
36. Проектирование цифрового будущего. Научные подходы. Коллективная монография /Под ред. Г. Г. Малинецкого, В. В. Иванова, П. А. Верника. – М.: Техносфера, 2020. – 356 с.

Об интеллектуальной поддержке наукоёмких производств

А. А. Зацаринный, email: azatsarinny@ipiran.ru

А. П. Шабанов, email: apshabanov@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук

***Аннотация.** Предложена новая логическая информационная модель, как интеллектуальное ядро цифровой платформы, реализующей процессы приёма, обработки, анализа данных о новых научно-технических решениях. Показано, что реализация модели на предприятиях-производителях позволит сократить цикл создания новых высокотехнологичных изделий.*

***Ключевые слова:** интеллектуальные информационные системы, передача данных, научно-технические решения, производство изделий.*

Введение.

Проведённое исследование включает анализ известных когнитивных, семантических моделей (примеры [1-6]) и моделей сетевого управления (примеры [7-11]), их осмысление и создание научно-технических решений, обладающих статусом объекта интеллектуальной собственности «изобретение» (новизна, полезность, оригинальность). Руководствуясь вышеизложенным, поставлена и решена задача создания нового научно-технического решения – цифровой платформы для интеллектуально-информационной поддержки организационных систем в отраслях экономики и в сферах управления [12].

Назначением данной цифровой платформы является образование единой информационной среды для взаимодействия наукоёмких предприятий-производителей и патентообладателей тех исследований и объектов интеллектуальной собственности, которые удовлетворяют классификационным требованиям к проектируемым изделиям или востребованы для их производства.

Техническим результатом является автоматическое распознавание IP-адресов и передача по ним данных об исследованиях.

Повышение эффективности наукоёмкого производства заключается в сокращении времени на создание новых высокотехнологичных изделий за счёт исключения ряда научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на предприятиях-производителях.

В статье представляются основные аналоги и логическая информационная модель, как ядро цифровой платформы.

1. Аналоги

В табл. 1 приведены задачи, решаемые основными аналогами нового научно-технического решения – цифровой платформы [12].

Таблица 1

Аналоги цифровой платформы

Название аналога	Задача, решаемая аналогом
Интегрированная система управления, RU2630393C1, https://elibrary.ru/download/elibrary_38270306_11258981.pdf	Повышение эффективности процесса управления за счет обеспечения автоматического преобразования данных о команде управления, сформированных в кодах одной, ведущей системы управления, в данные об этой команде, представленные в кодах другой, ведомой системы управления.
Система ситуационно-аналитических центров организационной системы, RU2533090C2, https://elibrary.ru/download/elibrary_37806715_49577920.pdf	Повышение эффективности процесса принятия решений за счет автоматизированной выработки сценариев решения проблемных ситуаций.
Центр управления организационной системы, RU127493U1, https://elibrary.ru/download/elibrary_38414441_97464578.pdf	Сокращение числа проблемных ситуаций в деятельности организационной системы и сокращение времени разрешения проблемных ситуаций, если они уже возникли.

Общим свойством аналогов цифровой платформы (табл. 1) является наличие уже установленных трактов передачи данных между патентообладателями и наукоёмкими производствами и отсутствие свойств автоматического распознавания их адресов.

В то же время, наличие в аналогах свойств интеллектуальных информационных систем, предоставило правовую возможность использовать эти свойства для построения представляемой здесь логической информационной модели и, в целом, в НИОКР для создания нового научно-технического решения – цифровой платформы [12]. Это позволило сократить время на проведение исследования, формализацию и защиту документов для приобретения патента на изобретение.

2. Логическая информационная модель

Данная модель является ядром, на основе которого построены процессы обработки данных в цифровой платформе [12]. Модель представляет собой формальную структуру со связями информационных блоков с операциями, воспроизводимыми в цифровой платформе.

На рисунке отображен пример логической информационной модели для процесса обработки данных об объектах интеллектуальной собственности (изобретениях).

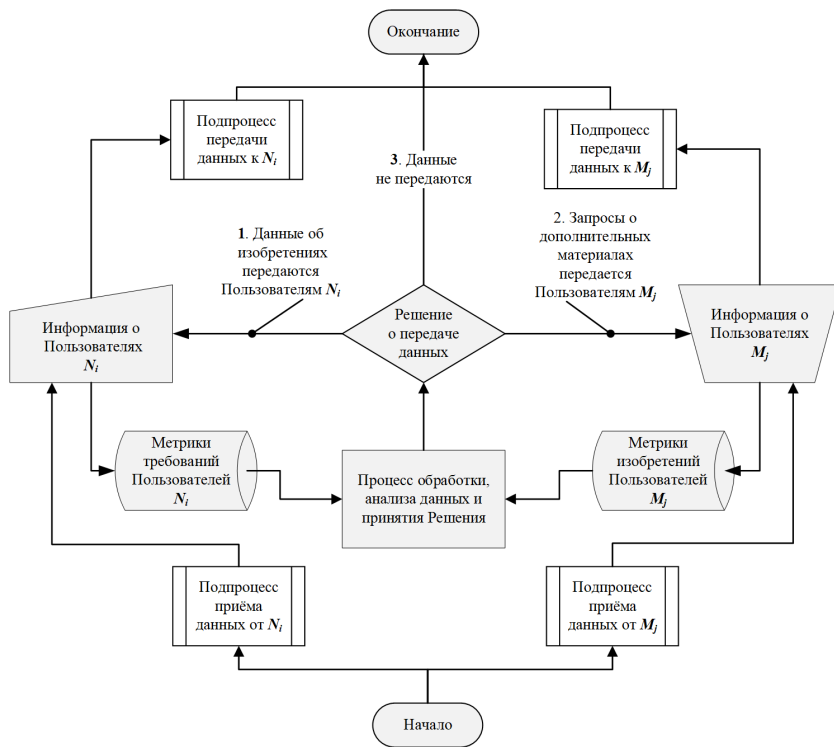


Рисунок. Схема логической информационной модели

В соответствии с рассматриваемой моделью (рисунок) результатом обработки данных в каждом из циклов выполняемого процесса обработки и анализа данных является одно из следующих решений.

Решение 1 – метрики требований и метрики изобретений совпадают.

Решение 2 – требуются дополнительные материалы.

Решение 3 – метрики требований и метрики изобретений разные.

Заключение

Предложен новый методический подход к интеллектуальной поддержке наукоёмких производств, построенный на применении цифровой платформы с единой информационной средой взаимодействия промышленных и исследовательских предприятий.

Ядром цифровой платформы является её логическая информационная модель, представляющая собой онтологию, построенную с учетом логических связей между метриками требований к объектам интеллектуальной собственности (к результатам исследований), метриками об объектах, информацией о Пользователях цифровой платформы – промышленных предприятиях, патентообладателях, процессами (подпроцессами).

Положительный эффект состоит в сокращении цикла создания новых высокотехнологичных изделий на предприятиях-производителях за счёт исключения работ, уже выполненных на предприятиях патентообладателей при создании новых научно-технических решений. Как правило, это фундаментальные и прикладные научно-исследовательские работы, эскизное и значительная часть технического проектирования при проведении опытно-конструкторских работ.

Как следствие, уменьшаются расходы предприятий при создании новых изделий, в зависимости от стоимости патентов и сложности локализации научно-технических решений.

Список литературы

1. Когнитивное моделирование социально-экономических систем: ретроспективный анализ инструментов и информационных систем /Т. А. Макареня [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2023. – № 3. – С. 84-94. – DOI 10.17308/sait/1995-5499/2023/3/84-94. – EDN LMKCNG

2. Lutsenko, E. V. Automated system-cognitive analysis of the level of consistency of natural numbers as systems of prime factors / E. V. Lutsenko // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2022. – No. 179. – P. 96-177. – DOI 10.21515/1990-4665-179-009. – EDN IZRVTY.

3. Butt, S. M. Cognitive Analysis of Intrusion Detection System / S. M. Butt, C. Reaiche // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. – 2022. – No. 1(15). – P. 102-120. – DOI 10.17516/1999-494X-0377. – EDN OKQRPL.

4. Бабанов, А. М. Методика структуризации данных в семантических моделях типа "Сущность-Связь" / А. М. Бабанов // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2022. – № 60. – С. 93-101. – DOI 10.17223/19988605/60/10. – EDN EWSRJB.

5. Готюр, И. А. Модель распределения гидрометеорологических данных на основе семантического анализа метаданных гидрометеорологических сообщений / И. А. Готюр, А. В. Костромитинов, И. А. Яременко // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – 2021. – № 676. – С. 131-137.

6. Методика оценивания защищенности на основе семантической модели метрик и данных / Е. В. Дойникова [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2021. – № 1(41). – С. 29-40. – DOI 10.21681/2311-3456-2021-1-29-40. – EDN GUICXW.

7. Zatsarinnyy, A. A. Innovations in digital platforms: project scripts for forming a unified information environment / A. A. Zatsarinnyy, A. P. Shabanov // Sustainable Development: Society, Ecology, Economy: Proceedings of the XVth International Scientific Conference, Moscow, 28 марта 2019 года. – Moscow: Springer Link, 2021. – P. 85-99.

8. Исаева, А. Э. Цифровая платформа как одна из доминантных бизнес-моделей цифровой экономики / А. Э. Исаева // Государственное управление. Электронный вестник. – 2022. – № 91. – С. 209-225. – DOI 10.24412/2070-1381-2022-91-209-225. – EDN GOPFUJ.

9. Кычкин, А. В. Интеграция предиктивно-аналитических моделей с IoT-платформой цифрового экомониторинга / А. В. Кычкин, О. В. Горшков, М. А. Кукаркин // Прикладная информатика. – 2022. – Т. 17, № 4(100). – С. 5-16. – DOI 10.37791/2687-0649-2022-17-4-5-16.

10. Пожидаев, Р. Г. Особенности бизнес-моделей цифровых платформ / Р. Г. Пожидаев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2022. – № 3. – С. 144-158. – DOI 10.17308/ekon.2022.3/9988. – EDN BRWXBE.

11. Устинова, Л. Н. Модель цифровой трансформации инновационной экосистемы на основе технологической платформы / Л. Н. Устинова, А. М. Макаров, В. В. Бритвина // π -Economy. – 2022. – № 4(15). – С. 110-122. – DOI 10.18721/JE.15408. – EDN NILHBK.

12. Цифровая платформа для поддержки организационных систем: пат. 2784715 Российская Федерация: МПК G 06 F 15/00 / Зацаринный А.А., Козлов С.В., А. П. Шабанов; заявитель и патентообладатель Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" РАН. – № 2022106735; заявл. 15.03.2022; опубл. 29.11.2022, бюл. № 34. – 12 с.

Автоматические контрольные процедуры в SAP S/4 HANA

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com

Д. А. Бубнов, email: bubnov@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Автоматические контрольные процедуры в SAP S/4 HANA – инструменты, позволяющие автоматически контролировать выполнение бизнес-процессов и обеспечивать их соответствие правилам и требованиям. В работе проведена оценка эффективности применения автоматических контрольных процедур в SAP S/4 HANA на примере реальной компании. Рассмотрены результаты применения автоматических контрольных процедур в контексте экономической эффективности, повышения качества и безопасности бизнес-процессов компании.*

Ключевые слова: *информационная система, информационные технологии, ERP-системы, автоматические контрольные процедуры, SAP S/4 HANA, SAP GRC PC.*

Введение

Автоматические контрольные процедуры являются неотъемлемой частью внутреннего контроля компании, направленного на предотвращение ошибок и мошенничества, а также обеспечение соответствия законодательству и внутренним правилам компании. Они позволяют компаниям автоматизировать контроль за финансовыми и бизнес-процессами, что позволяет повысить эффективность работы и снизить риски. Помимо этого, выход на крупные биржи мира невозможно без оценки эффективности внутренних контрольных процедур компании.

Система SAP S/4 HANA, являясь одной из наиболее распространенных ERP-систем на рынке, предоставляет широкие возможности для автоматизации контроля бизнес-процессов. Однако, несмотря на наличие различных инструментов и возможностей, многие компании не используют их в полной мере что связано с недостаточной квалификацией персонала, ограничениями в бюджете на внедрение системы или отсутствием понимания важности и преимуществ автоматических контрольных процедур.

1. Контрольные процедуры

Контрольные процедуры включают в себя проверки документов, отслеживание операций и аудит действий пользователей. Основные задачи, решаемые с их помощью:

- определение правильности бухгалтерской отчетности – обнаружение ошибок в бухгалтерской отчетности, которые могут возникать из-за технических проблем или ошибок ввода данных.

- обеспечение точности бухгалтерских записей – позволяют убедиться, в точности бухгалтерских записей и их соответствии стандартам бухгалтерского учета.

- защита от мошенничества и ошибок – предотвращение мошенничества и ошибок, таких как неправильное выставление счетов или незаконный доступ к компьютерным системам.

- предотвращение утечки конфиденциальных данных – защита конфиденциальных данных компании.

Автоматизация контрольных процедур в SAP S/4HANA базируется на использовании функциональных возможностей системы, таких как автоматические проверки правильности заполнения данных, встроенные отчеты и аналитические инструменты, настройки правил и процессов для контроля и управления бизнес-процессами.

Важным элементом автоматизации контрольных процедур в SAP S/4HANA является использование бизнес-правил и процессов, определяющих условия и порядок выполнения контрольных операций. Бизнес правила и процессы задаются с помощью специальных средств конфигурирования в SAP S/4HANA, что позволяет установить точные критерии контроля и оптимизировать процессы работы с данными.

Кроме того, для автоматизации контрольных процедур в SAP S/4HANA могут быть использованы встроенные отчеты и аналитические инструменты, позволяющие анализировать данные и выявлять отклонения от заданных параметров.

2. Анализ существующие подходы к автоматизации контрольных процедур в SAP S/4 HANA

Существует несколько подходов к автоматизации контрольных процедур в SAP S/4HANA, каждый из которых используется в зависимости от конкретных требований и особенностей организации. Некоторые из наиболее распространенных подходов к автоматизации контрольных процедур в SAP S/4HANA включают в себя:

- использование встроенных инструментов системы
- создание собственных правил и процессов процессами.
- использование сторонних решений.

- использование машинного обучения и искусственного интеллекта.

Кроме того, часто используется комбинация разных подходов для достижения наилучших результатов.

3. Разработка методик автоматизации контрольных процедур в SAP S/4 HANA

Методика разработки автоматической контрольной процедуры в SAP S/4 HANA включает следующие шаги:

- определение требований к контрольной процедуре – определение цели и задачи контрольной процедуры. На этом этапе команда разработчиков и бизнес аналитиков связывается с ответственными сотрудниками отдела/департамента заказчика, для которого будет создана автоматическая контрольная процедура и совместно формируют требования в рамках создания бизнес-постановок

- определение методов контроля – команда вместе с заказчиком определяют методы контроля, которые будут реализованы в рамках цикла разработки автоматической контрольной процедуры.

- определение программных средств для реализации автоматической контрольной процедуры – определяются программные средства, которые будут использоваться для реализации автоматической контрольной процедуры в SAP S/4 HANA.

- тестирование контрольной процедуры – проводится тестирование контрольной процедуры в SAP S/4 HANA для проверки ее эффективности и соответствия требованиям.

- запуск контрольной процедуры в продуктивной системе заказчика – после успешного прохождения тестирования контрольная процедура переносится в рамках запроса в Solution Manager в продуктивную систему и разворачивается для дальнейшей работы.

- мониторинг и сбор данных – контрольная процедура запущена в продуктивной системе заказчика. Данные собранные после запуска АКП собираются, анализируются и на их основе оценивается эффективность контрольной процедуры для дальнейшей оптимизации.

Важно отметить, что разработка автоматической контрольной процедуры в SAP S/4 HANA может быть достаточно сложной задачей, требующей высокой квалификации специалистов в области SAP и программирования. Поэтому важно обеспечить наличие опытных разработчиков и провести все необходимые тесты перед внедрением контрольной процедуры в работу.

4. Создание АКП на основе выбранной методики

В качестве примера возьмем стандартную процедуру контроля правильности отражения финансовых вложений в резерв под обесценение финансовых вложений. Данная автоматическая контрольная процедура необходима для автоматического мониторинга финансовых вложений и создания резерва на случай их обесценения. Контрольная процедура должна реализовывать следующие шаги:

- выявлять краткосрочные (до 30 календарных дней) и долгосрочные (свыше 30 календарных дней) финансовые вложения и проверять корректность их определения в одну из категорий.
- проверять сальдо по кредиту счету 59* при формировании резерва под обесценение вложений
- ежемесячно 1 числа каждого месяца направлять руководителю отдела отчёта о наличии несоответствия

Для реализации процедуры будут использоваться все рассмотренные методы контроля что обусловлено важностью контрольной процедуры, причём каждый метод выполняет свою роль:

- проверка полноты данных – в рамках реализации автоматической контрольной процедуры будет необходимо проверить полноту данных. Например, дату исполнения обязательств, наименование контрагента и многие другие поля
- проверка точности данных – необходимо убедиться, что данные в систему внесены точно в необходимом формате без искажений. Наличие искажений может привести к искажению итогового баланса, что негативно скажется на показателях компании
- проверка соответствия правилам – правильное определение категории задолженности необходимо для её корректной оценки
- проверка наличия дубликатов – проверка отсутствия дублирующих записей о наличии финансовых вложений исказит баланс, поэтому необходимо убедиться, что все данные представлены в системе в едином виде, без дубликатов.
- проверка на наличие аномалий – аномальные обороты на кредите 59* могут свидетельствовать о несоответствии баланса и отрицательно сказаться на финансовых показателях

Внедрение автоматической контрольной процедуры осуществлялось с использованием программных решений SAP GRC, SAP PC и функционала SAP Query на базе ERP-системы SAP S/4 HANA Cloud 2202. Программный код автоматической контрольной процедуры реализован на языке ABAP.

При подготовке к запуску автоматической контрольной процедуры было проведено функциональное и интеграционное тестирование в

процессе которого был симитирован запуск автоматической контрольной процедуры на реальных данных.

5. Запуск контрольной процедуры в продуктивной системе заказчика

Автоматическая контрольная процедура “Контроль правильности отражения финансовых вложений в резерв под обесценивание финансовых вложений” была развернута и успешно запущена в продуктивной системе SAP S/4 HANA заказчика.

С помощью плановика контрольных процедур был настроен ежемесячный запуск процедуры (каждое 1-е число месяца). Такая периодичность запуска автоматической контрольной процедуры выбрана для ежемесячной проверки всей документации за прошедший месяц и оперативного обнаружения ошибок и/или расхождений, но в то же время не нагружает систему ежедневными проверками всей бухгалтерской документации. В случае необходимости начальник отдела или ответственный сотрудник может запустить автоматическую контрольную процедуру в ручном режиме.

Развёртывание контрольной процедуры в продуктивной системе заказчика предполагало:

Запуск веб-интерфейса Fiori и выбор плановика автоматизированных КП на соответствующей плитке:

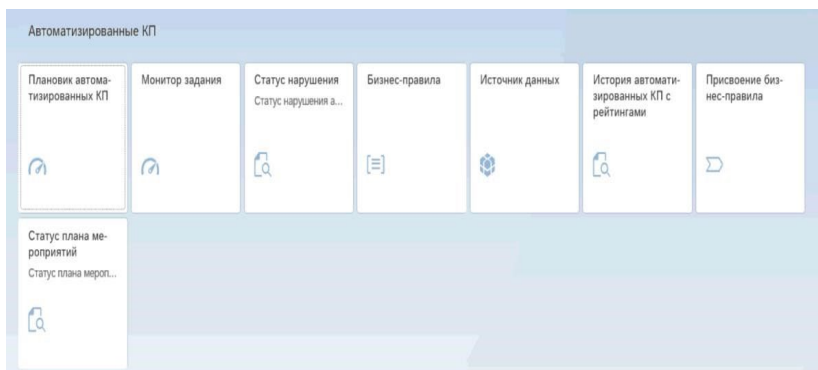


Рис. 1. Запуск плановика автоматизированных КП в SAP Fiori

Создание задания автоматизированного мониторинга в тестовой системе по данным за 2022 год:

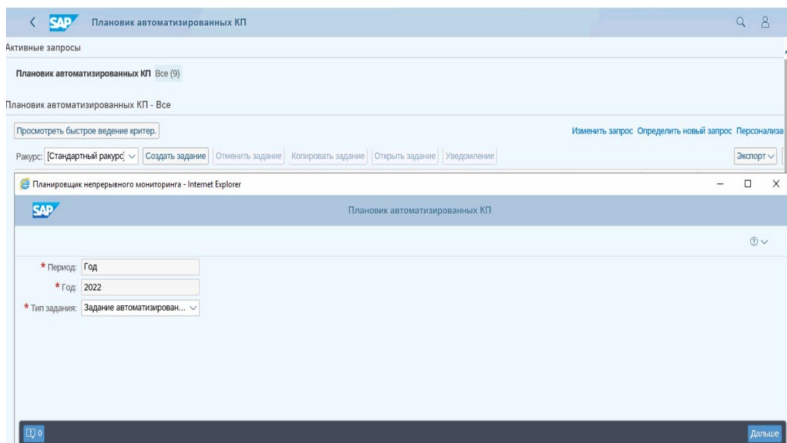


Рис. 2. Создания задания

На странице настройки контроля задания настраиваемый ежемесячный запуск АКП

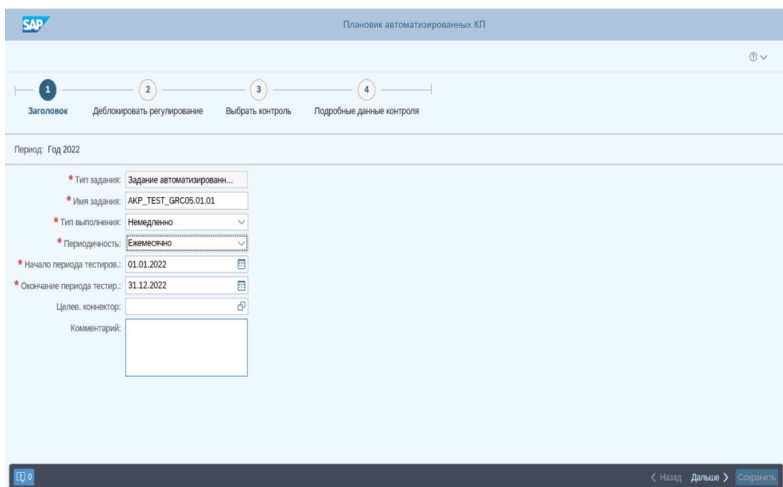


Рис. 3. Настройка задания

В разделе 2 плановика выбираем тип регулирования “Тестовое регулирование” из выпадающего списка. В чек-боксе «Совместное использование результатов оценки» выбираем пункт «Не использовать совместно»

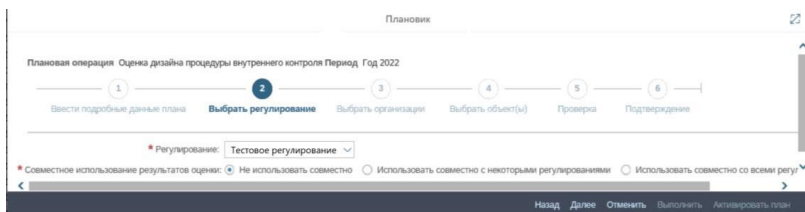


Рис. 4. Настройка регулирования

В разделе 3 “Выбрать контроль” указываем интересующую организацию, основной бизнес-процесс, подпроцесс и бизнес-правило, после чего запускаем автоматическую контрольную процедуру в тестовой системе.

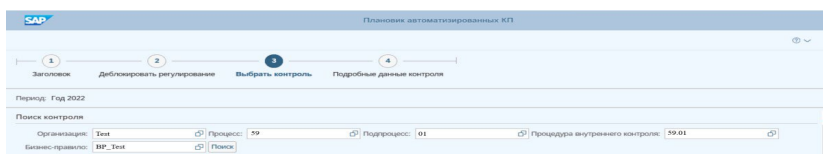


Рис. 5. Настройка контроля в SAP Fiori

После запуска автоматической контрольной процедуры был налажен механизм мониторинга и сбора данных. В рамках мониторинга основной задачей было определить, согласно отчётам, показали работы отделов после внедрения АКП и оценить эффективность их внедрения. Обобщенные данные в период с января по май 2023 года представлены в табл. 1:

Таблица 1

Общее количество выявленных ошибок

Контрольный показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
Количество ошибок, шт	135	127	73	70	60
Время, затраченное на исправление ошибок, часов	340	328	113	108	94

Распределение выявленных бухгалтерских ошибок по основным категориям в период с января по апрель 2023 года представлено в табл. 2.

6. Результаты реализации контрольной процедуры

Оценка эффективности и анализ результатов внедрения автоматических контрольных процедур в SAP S/4 HANA является одним из важных этапов в процессе их реализации. Для оценки эффективности и анализа результатов можно использовать различные методы и инструменты.

Один из основных методов оценки эффективности – сравнение результатов до и после внедрения автоматических контрольных процедур. На основании данных из таблиц 1 можно сделать вывод, что общее количество ошибок при подготовке документации после введения автоматических контрольных процедур 1 марта 2023 года существенно уменьшилось, как и время, затрачиваемое на их исправление.

Таблица 2

Распределение ошибок по категориям

Вид ошибки	Январь	Февраль	Март	Апрель
Техническая ошибка	60	57	29	25
Неверная проводка	25	20	11	12
Ошибка при расчётах	35	40	19	17
Прочие ошибка	15	10	14	16
Итого	135	127	73	70

Большее снижение времени по сравнению с количеством ошибок в процентном соотношении обусловлено особенностями работы автоматических контрольных процедур. АКП указывают пользователю на ошибку, не заставляя сотрудника тратить время на её поиск, что упрощает устранение появившихся ошибок и высвобождает больше времени для других задач организации. На рис. 6 представлены доли ошибок от их общего количества и их снижение. На основании данных табл. 2

Распределение ошибок по видам

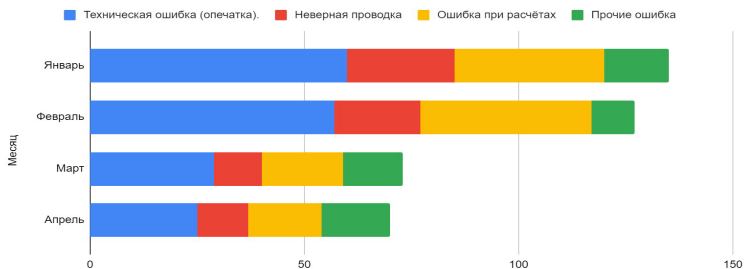


Рис. 6. Распределение ошибок по видам

На рис. 7 и 8 представлены распределение ошибок по категориям в разрезе их процентного веса

Распределение ошибок в январе

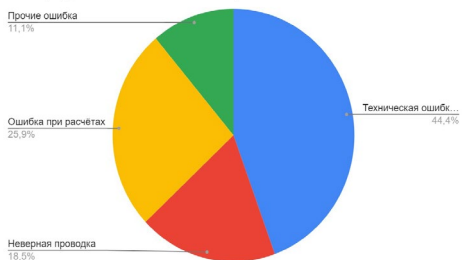


Рис. 7. Распределение ошибок в январе

Распределение ошибок в апреле

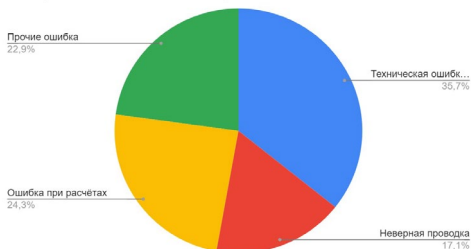


Рис. 8. Распределение ошибок в апреле

На основании рис. 7 и 8 можно заметить значительное снижение доли технических ошибок на 8,73%, увеличение доли прочих ошибок объясняется общим уменьшением количества ошибок.

Таким образом, можно уверенно заявлять, что внедрение контрольных процедур в ERP-систему SAP S/4 HANA существенно улучшает действующие процессы организации снижая количество допусаемых ошибок. Помимо снижения количества допущенных ошибок АКП сильно экономят время сотрудников, затраченных на их поиск и устранение.

Заключение

Реализация АКП в SAP S/4HANA – многоступенчатый процесс, включающий в себя определение требований, выбор методов контроля, выбор программных средств, тестирование и запуск в продуктивной системе заказчика, а также последующий сбор данных для анализа эффективности созданной контрольной процедуры.

Реализация автоматических контрольных процедур имеет множество преимуществ. Она может значительно повысить эффективность и точность бизнес-процессов, снизить вероятность ошибок и мошенничества, разгрузить сотрудников и освободить их от монотонных задач, а также повысить доверие к бухгалтерской отчетности и общей финансовой деятельности компании.

Среди основных преимуществ автоматических контрольных процедур можно выделить:

- автоматизация процессов – автоматические контрольные процедуры в SAP S/4 HANA позволяют автоматизировать те рутинные и стандартные процессы, которые до этого выполнялись персоналом в ручном режиме. Глубокая автоматизация позволяет как снизить нагрузку на сотрудников, так и снизить количество ошибок, появляющихся из-за человеческого фактора.

- увеличение точности – автоматические контрольные процедуры позволяют проверять большое количество документов и данных, выявлять ошибки среди них в реальном времени и уведомлять пользователей, что увеличивает точность и достоверность информации.

- снижение рисков – автоматические контрольные процедуры помогаюткратно снижать риски потенциальных финансовых потерь, связанных с мошенничеством со стороны сотрудников или ошибками в данных, вызванных человеческим фактором. Снижение таких рисков благоприятно влияет на положительную репутацию компании как со стороны контролирующих органов, так и со стороны простых клиентов

- быстрый доступ к информации: автоматические контрольные процедуры позволяют в режиме реального времени получить

сотрудникам доступ к необходимой информации, что повышает эффективность бизнес-процессов, принятия решений и оперативного устранения допущенных ошибок.

Однако при реализации автоматических контрольных процедур также может возникнуть ряд проблем. Среди них:

- сложность реализации – внедрение автоматических контрольных процедур может быть крайне сложным и требовать значительных усилий и ресурсов.

- высокие затраты – реализация автоматических контрольных процедур может требовать значительных финансовых затрат, связанных с приобретением необходимых программных средств и оборудования.

- необходимость обучения персонала – для работы с автоматическими контрольными процедурами может потребоваться специальная подготовка работников

Таким образом, можно сделать вывод, что АКП существенно улучшают автоматизацию процессов контроля внутри компании и снижают риски, связанные с человеческим фактором. Однако не стоит забывать, что к внедрению такой сложной технологии, как автоматизированные контрольные процедуры нужно подходить, основательно взвесив и учитывая все недостатки автоматизированных контрольных процедур в рамках ERP-системы SAP S/4 HANA.

Список

1. Бранд, Х. SAP R/3 и SAP S/4HANA. Управление бизнесом от процессов до систем / Х. Бранд, Л. Мониш, Р. Хинкельманн. – 1-е. – Вальдорф: SAP Press, 2016 – 250 с.

2. Фролов, А. Б. SAP S/4HANA: функциональные возможности и управление проектами / А. Фролов, А. Буянов – 1-е. – М.: SAP Press, 2018 – 248 с.

3. Хоппер Р. SAP S/4HANA. Управление компанией. Настройка и использование / Р. Хоппер – 1-е. – Вальдорф: SAP Press, 2020 – 185 с.

4. Крылова, Г.А. Программирование на ABAP для SAP S/4HANA. / Г. А. Крылова, А. В. Чекалюк – 1-е – М.: SAP® PRESS, 2020 420с.

5. Броун Р. SAP HANA для разработчиков. / Р. Броун – Вальдорф: SAP Press, 2019 – 180 с.

6. Патель, М. Руководство по сертификации SAP S/4 HANA в финансовом учете. / М. Патель, Н. Неру – М.: Издательство ABC, 2018. – 300 с.

Модернизация системы корпоративного тайм-менеджмента в процессах разработки ПО на базе SAP

И. В. Илларионов, e-mail: igor.illarionov@gmail.com

И. С. Кравченко, email: kravchenko@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В работе описывается бизнес-решения по модернизации системы корпоративного тайм-менеджмента на платформе SAP ERP.*

***Ключевые слова:** информационная система, информационные технологии, веб-технологии, веб-сервис, корпоративный тайм-менеджмент, технологии тайм-менеджмента, базы данных, технологии SAP, SAP UI5, ABAP, JAVASCRIPT, SQL, XML, CSS.*

Введение

Неотъемлемой частью не только повседневной, но и профессиональной жизни стали информационные технологии. Они значительно упростили жизнь современного человека: теперь можно полноценно работать из дома, имея под рукой все необходимые инструменты, которые ранее были доступны только в офисе; можно связываться с заказчиком из любой точки мира и обсуждать детали предстоящего проекта. Однако, увеличился и объем задач, связанный с передачей сотрудникам организаций больших полномочий, требующих оперативного принятия самостоятельных решений, планирования своей работы и самоорганизации.

Технологии управления временем помогают работать эффективнее, чтобы успевать больше за меньшее время и использовать больше возможностей. Тайм-менеджмент играет важную роль – он помогает сотрудникам максимально эффективно использовать их сильные стороны и также эффективно планировать свой день. Правильное управление временем позволяет работать умнее, а не усерднее, обеспечивая более продуктивную работу за меньшее время.

Современные IT компании работают в условиях быстро меняющейся экономической среды и конкуренции. Чтобы оставаться конкурентоспособными, такие компании должны оптимизировать свои бизнес-процессы и максимально эффективно управлять ресурсами. Внедрение системы корпоративного тайм-менеджмента позволяет достичь этих целей.

Эта система позволяет управлять временем и задачами сотрудников компании, а также координировать их работу на проектах. Благодаря технологиям тайм-менеджмента появляется возможность оптимизировать рабочие процессы и снизить издержки, и, помимо прочего, повысить эффективность и производительность компании в целом.

Внедрение системы корпоративного тайм-менеджмента будет способствовать решению таких задач, как отслеживание соблюдения сроков выполнения задач, оптимизация загрузки сотрудников и достижение максимальной эффективности их работы. Это помогает более точно планировать проекты и сократить время, необходимое для их завершения.

Кроме того, система корпоративного тайм-менеджмента позволяет сократить риски и повысить качество продукта за счет более тщательного контроля над процессами разработки и соблюдением сроков.

Таким образом, использование системы корпоративного тайм-менеджмента является необходимым шагом для современных IT компаний, которые стремятся оптимизировать свои бизнес-процессы, улучшить качество продукта и оставаться на плаву в условиях быстро меняющегося рынка и конкуренции.

1. Принципы разработки SAP-ориентированного приложения для управления временем сотрудников

Работа выполнялась на базе IT компании, являющейся долгосрочным партнером SAP.

Выбор платформы для организации системы тайм-менеджмента зависит от тех инструментов, которыми оперирует та или иная компания. В данном случае развертывание приложения для тайм-менеджмента должно быть организовано внутри корпоративной SAP ERP системы.

Ранее компания использовала возможности стандартной технологии SAP UI – Web Dynpro, позволяющей вести разработку web приложений с использованием графических инструментов и среды разработки, интегрированной с рабочей средой ABAP.

Web Dynpro позволяет запускать приложение на внешнем интерфейсе, а доступ к внутренней системе можно получить с помощью службы локально или через удаленное соединение. Пользовательский интерфейс поддерживается в приложении Dynpro, а постоянная логика работает во внутренней системе.

Система корпоративного тайм-менеджмента компании представляет собой ряд приложений. Главный экран имеет следующий вид:

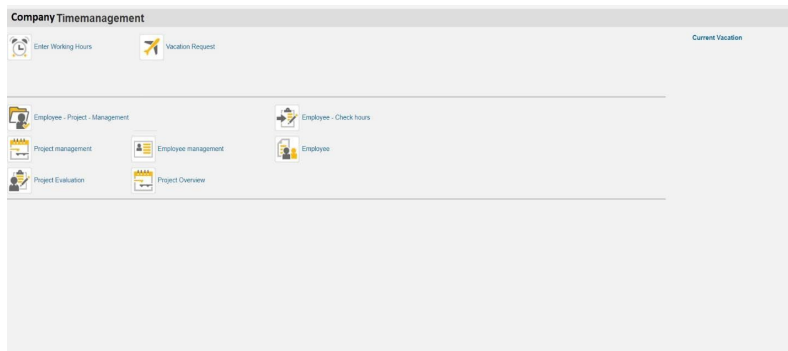


Рис. 1. Главный экран Web Dynpro приложения для тайм-менеджмента

После авторизации сотрудникам, являющимися разработчиками, предлагается выбрать приложения, для выполнения следующих действий:

- запись отработанных по проектам часов;
- создание запросов на увеличение назначенных на проект часов;
- создание запроса отпускных дней;
- просмотр информации по проектам.

Для сотрудников, являющихся проектными менеджерами доступны еще ряд приложений, связанных с назначением сотрудника на проект, управления проектом и взаимодействие с информацией о сотрудниках и проверка записей с введенными часами каждым сотрудником по каждому проекту.

При этом каждый сотрудник тратит время на переходы между различными вкладками и запись часов по определённым проектам.

Рассмотрим приложение для внесения в систему пользователем отработанных часов по проектам.

В верхней панели расположена информация о пользователе, календарь для выбора необходимого диапазона дат для добавления часов по проектам, и список Teamlead-ов, т.е. сотрудников руководящих командой разработчиков. В приложении есть ряд дополнительных фильтров для ограничения информационных полей (столбцов таблицы) для лучшей читаемости.

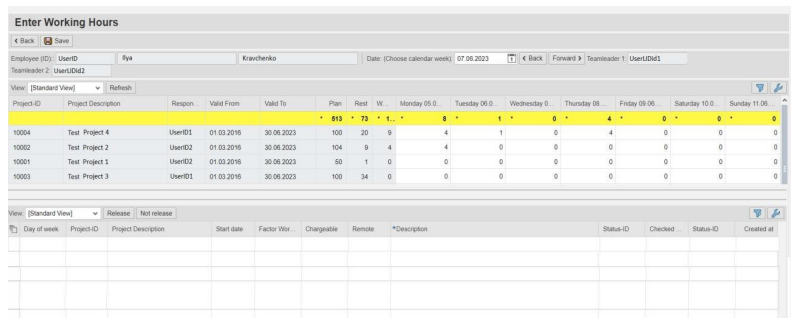


Рис. 2. Приложение для записи отработанных часов

Как можно заметить, приложение имеет устаревший, в соответствии с современными программными продуктами для тайм-менеджмента, дизайн.

Помимо этого, у пользователя ограничена вариативность действий для комфортного занесения отработанных часов в корпоративную систему.

Для демонстрации последовательности действий, осуществляемых пользователем в приложении для записи отработанных часов, рассмотрим следующую схему.

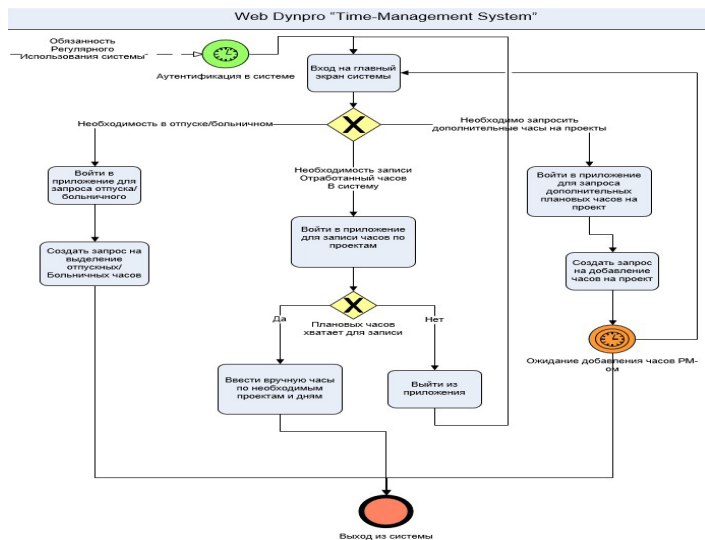


Рис. 3. Исходная структура процессов

В ходе процесса записи часов пользователь (разработчик в частности) сталкивается со следующими проблемами:

1. Необходимость ручного ввода отработанных часов по каждому проекту на каждый день.
2. В случае окончания бюджетных часов по проекту, пользователю необходимо писать письмо РМ для запроса дополнительных часов или же формирование запроса в соответствующем приложении и ожидать добавления плановых часов для записи.
3. Отсутствие быстрого перехода между необходимыми приложениями.
4. Отсутствие возможности выбора определенных проектов, необходимых пользователю.
5. Зачастую IT-компании работают сразу с несколькими клиентами, которые требует учета часов, потраченных на проект в прозрачных/клиентский системах, в частности в excel. Перенос вручную большого объема записей в внутреннюю систему также является время затратным процессом.
6. Невозможность выбора более широкого диапазона дат для отображения.



Рис. 4. Количество активных проектов в зависимости от skill-level

Исходя из статистических данных, основанных на кол-ве активных проектов у разработчиков, в зависимости от их профессионального уровня (skill-level), можно заметить, что начинающие разработчики обрабатывают от 1-2 проектов в месяц, middle – от 2 до 4х и Senior – от 4 до 6 и более. Для документации выполненных задач и занесения отработанного времени в корпоративную систему каждый сотрудник тратит определенное кол-во времени рис.5.

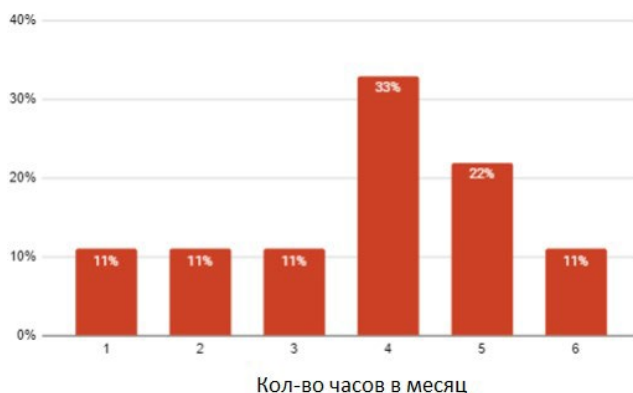


Рис. 5. Время, затрачиваемое сотрудниками на работу в системе

На вертикальной оси отображено кол-во потраченного времени сотрудниками (в частности разработчиками) на работу в системе для тайм-менеджмента. Как можно заметить, большинство сотрудников затрачивают от 4 до 5 часов рабочего времени в месяц. В связи с этим, возникает потребность в сокращении временных издержек сотрудников, путем модернизации системы корпоративного тайм-менеджмента.

Поскольку UI5 является современным решением для создания приложений на базе SAP, было принято решение осуществлять модернизацию существующего приложения, работающего на Web Dупрго, путем создания альтернативной версии с расширенным функционалом используя Fiori.

2. Разработка приложения для тайм-менеджмента сотрудников организации

Отталкиваясь от недостатков Web Dупрго версии приложения для корпоративного тайм-менеджмента и результатов проведенных опросов среди сотрудников были сформированы ряд требований к новой версии приложения, ими являются:

- увеличение функциональных возможностей и способов занесения отработанных сотрудником часов по проектам;
- автоматизация процесса записи часов в систему с помощью распознавания шаблонный документов .xlsx;
- интеграция с Microsoft Outlook почтой для быстрого взаимодействия с РМ и другими сотрудниками;
- интеграция с производственными календарями;

- автоматизация процесса запроса дополнительных часов по проекту;
- наличие несколько режимов отображения календаря, удобных для пользователей;
- наглядная информация о сотруднике и проектах;
- возможность просмотра статистических данных о продуктивности сотрудников на проекте.

Поскольку к бизнес-требованиям относятся требования высокого уровня, взятые из бизнес-целей проекта, были выделены следующие основные требования, определяющие предназначение приложение:

- запись в корпоративную систему и редактирование отработанных по проектам часов, с сопутствующим описанием деятельности
- сотрудника;
- запрос к РМ на увеличение плановых часов по проектам;
- запрос на получение отпускных дней;
- возможность быстрой связи с сотрудниками на проекте и просмотра информации по нему.

Архитектура баз данных должна обеспечивать правильное хранение информации о проектах, сотрудниках, занимающихся разработкой каждого из них и отработанных часах с описанием рода деятельности.

Чтобы не нарушать работу других сервисов корпоративной системы тайм-менеджмента рациональным решением было использовать существующие базы данных.

В число таблиц, использованных при разработке приложения входят:

- ZTM_MA – таблица с информацией о пользователях, профессиональном уровне (skill-level), объеме рабочих часов и team lead по проекту;
- ZTM_MA_PR – таблица с присвоенными проектами каждому сотруднику (присвоенный проект – проект, закрепленный за сотрудником при разработке);
- ZTM_PROJ – таблица с информацией о проектах: их описании, id клиентов, запланированном бюджете, дате начала и окончания проекта;
- ZTM_STND – таблица с информацией об отработанных часах
- сотрудников на проекте, где каждая запись относится к определенной дате, пользователю.

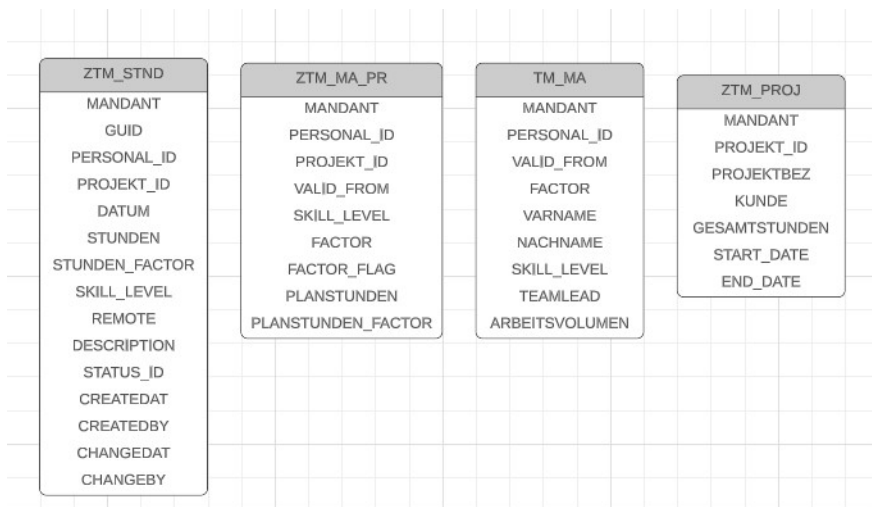


Рис. 6. Структура основных таблиц

Были переписаны методы классов, предназначенных для записи, редактирования и удаления данных в ранее упомянутых базах. Было установлено следующее правило: каждый метод класса должен отвечать за одно определенное действие, т.е. каждый объект имеет свою собственную обязанность. Следуя этой концепции, каждый метод класса имеет ноль или несколько входных параметров (Import parameter) и только один обязательный выходной параметр (return parameter).

Для оптимизации работы с данными за счёт вынесения вычислений на уровень на уровень СУБД(Core-to-Data) использовались ABAP CDS (Core Data Services).

Объект CDS (Core Data Services) – общее понятие для объектов репозитория, создаваемых с использованием языка CDS. Внутри CDS объектов можно выделить два типа: CDS Entity (DDL) и CDS Role (DCL). Для поиска всех объектов типа DDL в системе можно использовать таблицу TADIR с ключами R3TR DDLS <DDL SourceName>. Объекты типа DCL можно найти в таблице TADIR с ключами R3TR DCLS <DCL SourceName>.

На основе CDS в SAP Gateway Service Builder (транзакция /SEGW) были сгенерированы необходимые Entity Set-ы для дальнейшего использования.

Для реализации уровня презентации был выбран интерфейс FIORI, использующий в свою очередь SAP User Interface HTML5. SAP UI5

позволяет вести разработку пользовательских интерфейсов на базе кроссплатформенной JavaScript библиотеки. Разработанное на UI5 приложение, с адаптивным под различные устройства дизайном, имеет следующий вид рис.7.

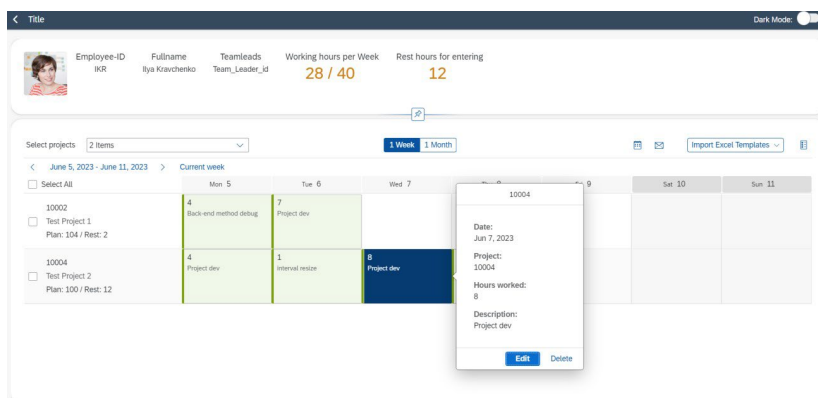


Рис. 7. Интерфейс Fiori приложения

Приложение соответствует всем функциональным и бизнес-требованиям и позволяет сотрудникам:

1. быстро создавать, редактировать и удалять записи с отработанными часами по проектам, используя новые возможности системы;
2. просматривать детальную информацию по каждой записи;
3. автоматически переносить записи из шаблонных .xlsx документов, с помощью функции распознавания шаблонов Excel;
4. выбирать только те проекты, которые необходимы пользователю;
5. автоматически формировать шаблонные письма в Microsoft Outlook, в зависимости от заранее выбранной в системе потребности;
6. уведомлять пользователя о приближающихся дедлайнах по проектам.

Помимо прочего, с новым пользовательским интерфейсом сотруднику легче ориентироваться в приложении, наглядная информация об отработанных часах всегда будет находить в верхней панели закладки рядом с Личным кабинетом пользователя, в который он может перейти в любой момент, не выходя при этом из приложения.

Появилась возможность переключения режима отображения календаря с «недели» на «месяц» для комфортного создания большого количества записей.

Интеграция со внутренними справочниками позволяет автоматически переносить нерабочие, праздничные и больничные дни в пользовательский календарь, отмечая их особыми цветами.

В системе есть возможность просмотра статистических данных по отработанным часам сотрудников на проекте, информации о проекте, клиенте и ответственному за проект. При этом по клику на id любого сотрудника на проекте, пользователь сможет связаться с ним благодаря уже упомянутой интеграции с Outlook сервисом.

Модернизированная схема процессов, отражающую новые функциональные возможности приложения для тайм-менеджмента сотрудников представлена на рис.8.

Модернизированное приложение включает в себя функции отдельных приложений предыдущей Web Dynpro версии. В результате пользователю не нужно больше переходить между различными вкладками, весь необходимый функционал будет всегда под рукой. Нет необходимости ждать ответных действий от РМ для назначения дополнительных часов по проекту, разработчик может создавать буферные (временные) записи, которые будут автоматически записаны в систему, когда будет увеличено плановое время проекта.

Чтобы оценить продуктивность модернизированного приложения была проведена оценка временных затрат при использовании старой и обновленной версии системы на примере следующей ситуации:

Предположим, что у пользователя системы есть необходимость в занесении записей с отработанными часами по двум проектам в корпоративную систему.

1. для документации рабочего процесса по первому проекту клиент требовал вести записи в excel таблице. Записи за последние 20 дней находятся в шаблонном .xlsx документе у пользователя;
2. остальные отработанные часы за последующие 10 дней были потрачены на тестирование устранение багов по второму проекту.

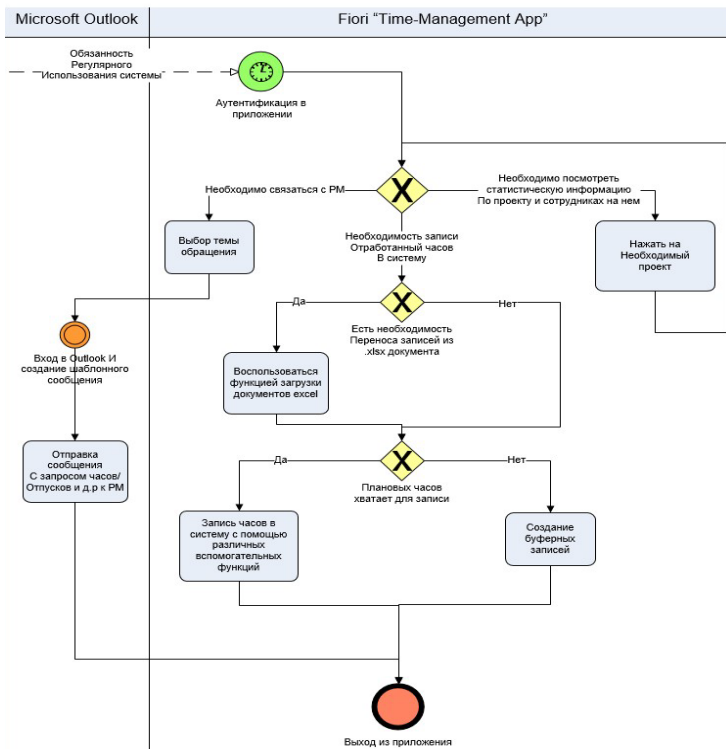


Рис. 8. Модернизированная структура процессов

Для создания одной записи в Web Dynpro версии приложение в среднем затрачивается 45 секунд с учетом производительности системы. Таким образом для переноса 20 записей из клиентского xlsx документа необходимо 15 минут рабочего времени и 5 минут на проверку правильности введенных данных. Для создания 10 записей по другому проекту, имеющих идентичную структуру и описание рабочей деятельности будет затрачено, 7-8 минут, соответственно. Суммарное кол-во времени, потраченное на работу в системе, составляет примерно 28 минут.

Поскольку в модернизированном Fiori приложении возможно загружать шаблонные .xlsx документы и автоматически загружать данные в систему, пользователь затрачивает в среднем 2 минуты на автоматический перенос данных в корпоративную систему с учетом производительности. Для создания записи в Fiori версии приложение

требуется 25 секунд, для дублирования и переноса идентичных записей на протяжении 10 дней потребуется еще 5 секунд с учетом производительности приложения.

Суммарное кол-во времени, потраченное на работу в обновленном приложении, составляет 2 минуты 30 секунд.

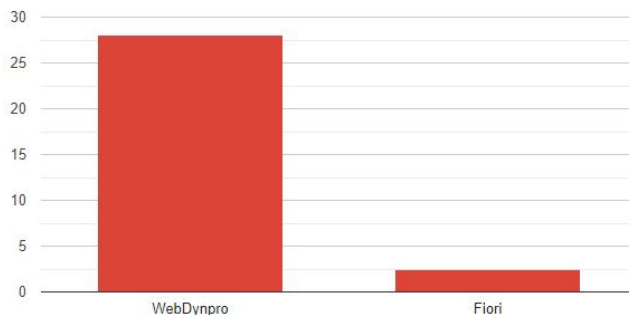


Рис. 9. Результат тест кейса

В тест-кейсе модернизированное приложение на базе Fiori показывает высокую результативность и сокращает временные затраты сотрудника более чем в 10 раз.

Заключение

В работе рассмотрены современные подходы корпоративного тайм-менеджмента и программные решения для корпоративного тайм-менеджмента, проанализированы технические и функциональные требования со стороны ведущей организации, выбраны оптимальные методы и технологии для организации тайм-менеджмента сотрудников в ведущей организации, разработана модернизированная версия приложения для корпоративного тайм-менеджмента в ведущей организации.

Список литературы

1. Архангельский, Г. Корпоративный тайм-менеджмент : Энциклопедия решений / Г.А. Архангельский. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 211 с.
2. Аллен, Д. Getting Things Done: The Art of Stress-Free Productivity / Д. Аллен. – New York : Pinguin Books, 2001. – 278 с.
3. Архангельский, Г. «Тайм-драйв: как успевать жить и работать» / Г.Архангельский. – «Манн, Иванов и Фербер» 8-е изд., 2012. – 214 с.

4. SAP AG, BC400 Введение в ABAP инструментальные средства, 2005. – 411 с.
5. Husain, Hazar Hamad TIME MANAGEMENT TOOLS AND TECHNIQUES FOR PROJECT MANAGEMENT / Hazar Hamad Husain // Socioeconomic Research Bulletin. – 2014. – № 4(55). – С. 1-6.
6. Мартинес, Ф. Руководство По SAP R/3, Третье издание / Ф. Мартинес, Д. Кио. – New York : McGraw Hill, 2005. – 606 с. – ISBN 9780072257168.
7. Денцер, Р. Core Data Services for ABAP / Р. Денцер, Р. Колле. – Bonn : Rheinwerk, 2010. – 650 с.
8. Guo, S. Fiori Launchpad Development and Extensibility / S. Guo. – Bonn : Rhienwerk, 2019. – 307 с.
9. Miroslav A. Getting Started with SAPUI5 / A Miroslav, 2014. – 467 с.
10. Гайрик, А. SAP Fiori: Implementation and Development / А. Гайрик, С. Рой. – Bonn : Reihnwerk, 2022. – С. 269-296.

Контроль автоматического закрытия счетов бухучета в SAP S/4 HANA

И. В. Илларионов, e-mail: igor.illarionov@gmail.com

Д. С. Солодовникова, email: solod@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В работе описывается бизнес-решения по внедрению технологии электронной подписи и переходу организации на безбумажный, юридически значимый электронный документооборот с применением электронной подписи. Переход будет осуществляться для реализации процесса закупки материально технических ресурсов у внешних контрагентов в системе SAP ERP.*

***Ключевые слова:** информационная система, информационные технологии, ERP-системы, автоматические контрольные процедуры, SAP S/4 HANA, SAP GRC PC.*

Введение

В настоящее время SAP S/4 HANA – это одна из самых популярных и распространенных ERP-решений в мире. Однако внедрение новых технологий и изменение устоявшихся бизнес-процессов в крупных компаниях вызывают новые проблемы, связанные с необходимостью адаптации и улучшения контроля над процессами.

Контроль автоматического закрытия счетов бухгалтерского учета в SAP S/4 HANA – безусловно, одна из таких проблем. Данный процесс является важным этапом в учетной деятельности компаний, и его некорректное выполнение может привести к серьезным проблемам, таким как неверная отчетность, невозможность получить положительное заключение независимого аудита, штрафы от налоговых органов и возможное уголовное преследование (согласно ст. 172 УК РФ) от правоохранительных органов. В SAP S/4 HANA процесс закрытия счетов сильно автоматизирован, что еще больше повышает значимость контроля за ним по сравнению с ручным закрытием в предыдущей системе от компании SAP – SAP R/3.

1. Понятие автоматического закрытия счетов бухгалтерского учета

Автоматическое закрытие счетов в бухгалтерском учете – неотъемлемый элемент учетной политики любой компании. Он

позволяет создавать отчеты и анализировать финансовое состояние предприятия на основе актуальной информации.

Основные шаги в процессе закрытия месяца включают:

- проверка проводок: бухгалтеры проверяют все проводки, сделанные за месяц, чтобы убедиться в их правильности и точности: включает проверку правильности расчетов, соответствия учетной политики компании и применимых стандартов бухгалтерского учета.

- корректировки: если в процессе проверки выявляются ошибки или расхождения, необходимо внести соответствующие корректировки: включает перенос сумм между счетами, исправление ошибочных проводок или дополнительные аналитические расчеты.

- анализ и составление отчетности: после проверки и корректировок составляются финансовые отчеты для отчетного периода: включает составление баланса, отчета о прибылях и убытках, отчета о движении денежных средств и других отчетов в соответствии с требованиями и стандартами бухгалтерской отчетности.

- закрытие счетов: по завершении отчетного периода проводятся действия по закрытию соответствующих бухгалтерских счетов: включает перенос остатков счетов на следующий период, блокировку проведения проводок по определенным счетам и обновление начальных остатков для нового периода.

В SAP S/4 HANA процесс автоматического закрытия счетов может быть настроен и выполняться автоматически в конце каждого отчетного периода. Однако для обеспечения правильной работы процесса необходим контроль и мониторинг его выполнения.

Контроль автоматического закрытия счетов бухгалтерского учета в SAP S/4 HANA заключается в проверке правильности выполнения процесса и выявлении возможных ошибок или неполадок, таких как остаточное сальдо на счетах бухгалтерского учёта в конце месяца. Это может включать в себя проверку правильности настройки процесса, проверку правильности расчета остатков на счетах и проверку корректности передачи данных из модулей, связанных с бухгалтерским учетом.

Основной задачей контроля за закрытием бухгалтерских счетов является обеспечение целостности, достоверности и корректности месячной, квартальной и годовой финансовой отчетности компании. Кроме того, контроль автоматического закрытия счетов позволяет быстро выявлять и устранять ошибки в процессе закрытия счетов, что повышает эффективность работы и снижает риски для компании.

Таким образом, контроль процесса автоматического закрытия 15*, 16*, 90*, 91* и 99* счетов бухгалтерского учета в SAP S/4 HANA

является крайне важным элементом учетной политики организации и позволяет обеспечить правильность формирования финансовой отчетности, её прозрачность и одновременно с этим повысить эффективность работы бухгалтерского отдела.

2. Принципы и методы контроля автоматического закрытия счетов бухгалтерского учета

Контроль автоматического закрытия счетов бухгалтерского учета в SAP S/4 HANA может быть осуществлен по различным принципам и с использованием различных методов. Некоторые из них перечислены ниже:

- принцип разделения обязанностей. Контроль автоматического закрытия счетов должен быть разделен между разными сотрудниками, чтобы исключить возможность мошенничества или ошибок.

- принцип независимого контроля. Другой сотрудник должен независимо проверять выполнение контроля автоматического закрытия счетов, чтобы удостовериться в его правильности.

- принцип контроля на основе рисков. Контроль автоматического закрытия счетов должен осуществляться в первую очередь на тех счетах, которые представляют наибольший риск для компании.

- метод аудита. Контроль может проводиться путем аудита всех процессов, связанных с автоматическим закрытием счетов. Аудит включает в себя проверку правильности настройки процесса, проведение тестовых расчетов и анализ остатков на счетах.

- метод мониторинга. Контроль может быть осуществлен с помощью системы мониторинга, которая будет отслеживать выполнение процесса автоматического закрытия счетов и выявлять возможные ошибки или неполадки.

Выбор метода контроля зависит от конкретной ситуации в компании и ее особенностей. Однако, в любом случае, контроль автоматического закрытия счетов бухгалтерского учета в SAP S/4 HANA должен быть осуществлен с помощью комбинации различных методов и принципов, чтобы обеспечить его эффективность и достоверность.

3. Контрольные процедуры

Контрольные процедуры являются неотъемлемой частью бухгалтерского учета и направлены на обеспечение правильности и точности финансовой отчетности, а также защиту компании от возможных мошенничеств и ошибок. Они основываются на определенных теоретических принципах, включая проверку правильности бухгалтерской отчетности, гарантирование точности бухгалтерских записей, предотвращение мошенничества и ошибок,

защиту конфиденциальных данных, соблюдение правил и законодательства.

Для достижения этих целей контрольные процедуры включают проведение соответствующих проверок и анализа данных для выявления возможных ошибок в бухгалтерской отчетности, сверку данных с внешними источниками, проверку подлинности документов, установление правильности выставления счетов, контроль доступа к финансовым системам, анализ и аудит действий пользователей, чтобы предотвратить неправомерные действия или злоупотребления.

Автоматизация контрольных процедур в SAP S/4 HANA базируется на использовании функциональных возможностей системы, таких как автоматические проверки правильности заполнения данных, встроенные отчеты и аналитические инструменты, а также настройки правил и процессов для контроля и управления бизнес-процессами.

В основе автоматизации лежит идея обеспечения надежной и точной обработки данных в системе. Для этого в SAP S/4 HANA реализованы различные механизмы проверки данных, которые позволяют автоматически определять и исправлять ошибки в процессе ввода и обработки данных.

Важным элементом автоматизации контрольных процедур в SAP S/4 HANA является использование бизнес-правил и процессов, которые определяют условия и порядок выполнения контрольных операций. Бизнес-правила и процессы могут быть заданы с помощью специальных средств конфигурирования в SAP S/4 HANA, что позволяет установить точные критерии контроля и оптимизировать процессы работы с данными.

Кроме того, для автоматизации контрольных процедур в SAP S/4 HANA могут быть использованы встроенные отчеты и аналитические инструменты, которые позволяют анализировать данные и выявлять отклонения от заданных параметров. Это позволяет оперативно выявлять и исправлять ошибки, а также оптимизировать бизнес-процессы.

4. Особенности автоматического закрытия счетов в SAP S/4 HANA

Автоматическое закрытие счетов в SAP S/4 HANA – это процесс, который происходит автоматически по окончании финансового периода. В SAP S/4 HANA этот процесс осуществляется с помощью функционала Financial Closing Cockpit (FCC), который является частью модуля финансы (FI) и позволяет автоматизировать и оптимизировать процесс закрытия счетов.

Особенности автоматического закрытия счетов в SAP S/4 HANA:

- гибкость настройки процесса. В SAP S/4 HANA можно настроить правила автоматического закрытия счетов, которые будут соответствовать специфическим потребностям компании.

- улучшенный контроль над процессом. FCC позволяет автоматически анализировать результаты закрытия счетов и выдавать отчеты о выполнении процесса, что обеспечивает более эффективный контроль.

- ускорение процесса закрытия. В SAP S/4 HANA закрытие счетов происходит быстрее и более точно благодаря использованию FCC.

- использование дополнительных функций. FCC предоставляет возможность использования дополнительных функций, таких как мониторинг и анализ процесса закрытия счетов, чтобы улучшить процесс и повысить его эффективность.

- улучшенная отчетность. FCC предоставляет детальную отчетность о процессе закрытия счетов, что обеспечивает более точную и полную информацию для принятия решений.

- автоматический перенос остатков. FCC позволяет автоматически переносить остатки с открытых счетов на следующий финансовый период, что упрощает процесс закрытия счетов.

- наличие инструмента автоматизированных контрольных процедур. Автоматизированные контрольные процедуры позволяют в автоматическом режиме производить мониторинг показателей системы, выявлять ошибки и сообщать о них персоналу, ответственному за тот или иной бизнес-процесс предприятия.

В целом, автоматическое закрытие счетов в SAP S/4 HANA представляет собой эффективный и гибкий процесс, который позволяет компаниям автоматизировать и оптимизировать закрытие счетов в конце финансового периода.

5. Описание процедуры сбора и анализа данных

В рамках данной контроль за автоматическим закрытием счетов осуществлялся на продуктивной системе SAP S/4 HANA (HANA DB 1.00.122 (HANA 1.0 SP12 Rev 122) & HANA DB 2.00.050.0 (HANA 2.0 SPS05 Rev 50)) одной из российских нефтегазовых компаний.

В рамках реализации проекта по автоматическому контролю за закрытием счетов бухгалтерского учета реализованы контрольные процедуры с использованием SAP Query. Программный код реализован на языке программирования ABAP.

Для проведения анализа статистических данных о процессе автоматического закрытия счетов в SAP S/4 HANA было изучены данные, полученные путем опроса ответственных сотрудников и

отражающие состояние процесса автоматического закрытия счетов в период квартала перед внедрением автоматических контрольных процедур:

- количество бухгалтерских счетов (счета РСБУ с номерами 15*, 16*, 90*, 91*, 99*), которые должны были быть закрыты системой SAP S/4 HANA автоматически в конце отчетного периода.

- количество бухгалтерских счетов (счета РСБУ с номерами 15*, 16*, 90*, 91*, 99*), которые были закрыты системой SAP S/4 HANA автоматически в конце отчетного периода.

- количество бухгалтерских счетов (счета РСБУ с номерами 15*, 16*, 90*, 91*, 99*), которые не были закрыты системой SAP S/4 HANA автоматически в конце отчетного периода.

- причины, по которым счета не были закрыты автоматически (не проведенные проводки, ошибки в данных и т.д.).

- длительность процесса автоматического закрытия счетов, т. е. время, необходимое для завершения данного процесса.

- число ошибок, возникших при автоматическом закрытии счетов.

- среднее время, затрачиваемое на устранение ошибок при автоматическом закрытии счетов (позволяет оценить эффективность и продуктивность процесса устранения ошибок).

- количество сотрудников, занятых процессом автоматического закрытия счетов (это отражает объем ресурсов, которые компания выделяет для данного процесса и его влияние на рабочую нагрузку сотрудников).

Анализ статистических данных позволяет оценить эффективность и качество процесса автоматического закрытия счетов в SAP S/4 HANA, выявить проблемные области и определить возможности для улучшений и оптимизации данного процесса.

Ответы на основные вопросы представлены в табл. 1.

Основной причиной не закрытия счетов в 1 квартале являлись ошибки при вводе первичной документации в систему. Значительные затраты времени обусловлены долгим поиском ошибок в документации и среди огромного количества счетов, подлежащих закрытию.

В рамках анализа статистических данных о процессе закрытия в компании были сделаны выводы о наличии проблем в области контроля закрытия счетов. В среднем на ликвидацию ошибок уходит 24 часа. Зачастую это сверхурочная работа, которая вредит сотрудникам. Для снижения количества ошибок и минимизации переработок сотрудников из-за ошибок при автоматическом закрытии было принято решение о внедрении автоматизированных контрольных процедур по закрытию 15*, 16*, 90*, 91* и 99* счетов компании.

Таблица 1

Статистические данные закрытия до введения АКП

Вопрос	Январь	Февраль	Март	Среднее за 1 кв.
Количество счетов, которые должны быть закрыты автоматически в конце отчетного периода.	960	960	960	960
Количество счетов, которые были закрыты автоматически в конце отчетного периода.	935	940	937	937,33
Количество счетов, которые не были закрыты автоматически в конце отчетного периода и требовали ручного закрытия.	25	20	23	22,67
Длительность процесса автоматического закрытия счетов. (дней)	5	5	5	5,00
Число ошибок при автоматическом закрытии счетов.	30	25	23	26,00
Среднее время, необходимое для устранения ошибок при автоматическом закрытии счетов. (часы)	45	37	35	39,00

6. Реализация контрольных процедур для контроля закрытия счетов SAP S/4 HANA

Автоматизированные контрольные процедуры были реализованы на языке программирования ABAP, и внедрены в продуктивную систему в начале апреля. Схема работа автоматической контрольной процедуры представлена на рис 1.



Рис. 1. Блок-схема работы АКП

7. Основные результаты внедрения закрытия

Данные в разрезе 4 месяцев представлены в табл. 2:

Таблица 2

Сравнение по месяцам

Вопрос	Январь	Февраль	Март	Апрель
Количество счетов, которые должны быть закрыты автоматически в конце отчетного периода.	960	960	960	960
Количество счетов, которые были закрыты автоматически в конце отчетного периода	935	940	937	955
Количество счетов, которые не были закрыты автоматически в конце отчетного периода и требовали ручного закрытия.	25	20	23	5

Вопрос	Январь	Февраль	Март	Апрель
Длительность процесса автоматического закрытия счетов. (дней)	5	5	5	3
Число ошибок при автоматическом закрытии счетов.	30	25	23	7
Среднее время, необходимое для устранения ошибок при автоматическом закрытии счетов. (часы)	45	37	35	8
Количество сотрудников, занятых процессом автоматического закрытия счетов.	8	8	8	6

На рис. 2 видно значительное сокращение общего количества ошибок, что связано с внедрением АКП.

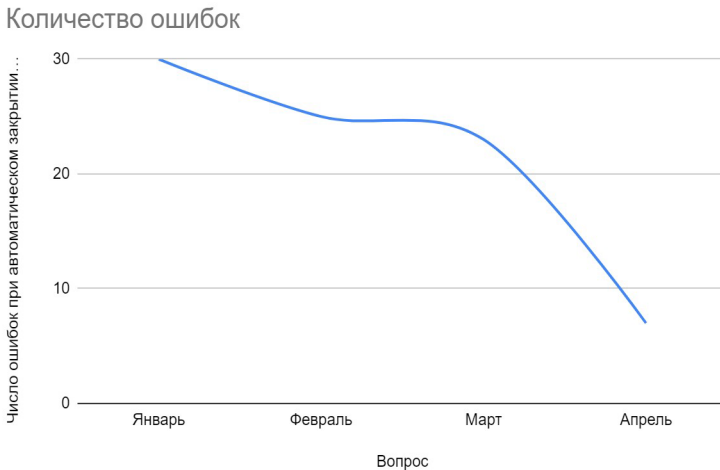


Рис. 2. Общее количество ошибок

На рис. 3 представлены данные о снижении часов потраченных на устранение выявленных ошибок.

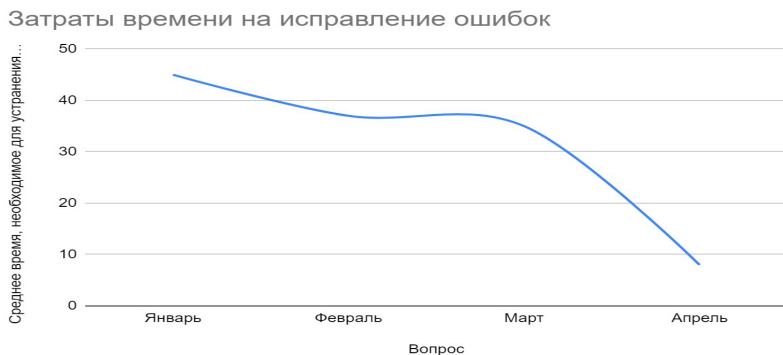


Рис. 3. Снижение времени на устранение ошибок

Видно снижение количества ошибок на 78%, а трудозатрат на их устранение на 79,5%. Помимо того, заказчик смог уменьшить количество людей, которые заняты процессом автоматического закрытия, с 8 до 6 человек, что высвободило дополнительных сотрудников и уменьшило дефицит квалифицированных бухгалтеров.

Заключение

В работе был рассмотрен процесс автоматического закрытия счетов бухгалтерского учёта, который был не оптимальным. Исходя из выявленных недостатков процесса был предложен более оптимальный процесс. Были разработаны автоматические контрольные процедуры, которые позволяют бухгалтерам в автоматическом режиме выявлять неверное оформление документации. Автоматические контрольные процедуры соответствуют заявленным требованиям.

Список литературы

1. Фортер, А.А. SAP S/4HANA Finance. Финансовое управление: Официальное руководство / А.А. Фортер, В.А. Ян. – 1-е изд. – М.: SAP Press, 2020. – 250 с.
2. Сэлмон, Дж. Финансы в SAP S/4 HANA: Введение / Дж. Сэлмон, Ж. Дельват. – М.: Издательство GHI, 2017. – 180 с.
3. Бройера, С. SAP S/4HANA Finance. Бухгалтерский учет. Официальное руководство / С. Бройера, М. Мюнстер. – 1-е изд. – Вальдорф: SAP Press, 2020. – 350 с.

4. Фортер, А.А. SAP S/4HANA Finance. Аналитика. Официальное руководство / А.А. Фортер, В. А. Ян. – 1-е изд. – Вальдорф: SAP Press, 2020 – 240 с.

5. Смирнова, Е. В. Анализ данных в SAP S/4 HANA / Е. В. Смирнова – М.: Издательство STU, 2018. – 240 с.

6. Фортер, А.А. SAP S/4HANA Finance. Управление кредиторами и дебиторами. Официальное руководство / А.А. Фортер, В. А. Ян. – 1-е изд. – Вальдорф: SAP Press, 2020 – 400 с.

7. Москвин, А.А. SAP S/4HANA. Управление финансами и контроллингом. Практическое руководство / А.А. Москвин – 1-е изд. – М.: Вальдорф: SAP Press, 2018 – 300 с.

8. Редкин, Д.М. Бухгалтерский учет и аудит в SAP ERP / Д.М. Редкин – 1-е изд. – М.: SAP Press, 2020 – 200 с.

Методика моделирования работы системы управления с учетом влияния гидрометеорологических условий

В. И. Ковалев, email: slavko50@mail.ru
С. Н. Башлыков, email: slavko50@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) 1

***Аннотация.** В данной работе рассматривается методика, основанная на математическом аппарате нечеткой логики, позволяющая формализовать количественные и качественные не полностью определенные показатели рассматриваемых подсистем управления и обеспечить принятие обоснованного решения. Также проведено исследование влияния гидрометеорологических показателей окружающей среды на выбор сил и средств для эффективного достижения поставленных целей.*

***Ключевые слова:** Решение, гидрометеорологические условия, нечеткая логика.*

Введение

При организации и планировании мероприятий повседневной деятельности, а также при решении критически важных проблем при резко меняющейся обстановке необходимо грамотно принимать нестандартные решения, учитывая всю особенность применения доступных сил и средств и широко использовать опыт прежних событий.

Особенно большая проблема возникает при принятии решения на применения авиации для решения хозяйственных проблем, так как она сильно зависит от гидрометеорологических условий (ГМУ). В настоящее время, роль и общий вклад авиации в жизнедеятельность, и жизнеобеспечение общества постоянно растет, появились новые беспилотные комплексы, которые применяются во всех отраслях хозяйской деятельности.

Данная тенденция повышает требования к оценке и учету гидрометеорологических условий (ГМУ) при планировании применения авиационных комплексов (АК), прежде всего в отношении анализа гидрометеорологических данных и оперативности прогнозирования погоды.

Таким образом, проведение исследований, направленных на создание системы, автоматизирующей поддержку принятия решений на

основе гидрометеорологической информации (ГМИ) при организации и планировании применения АК является целесообразным и актуальным.

Методика моделирования работы системы управления с учетом влияния гидрометеорологических условий

В настоящее время выполнение всех задач связанных с применением АК характеризуется двумя группами факторов: характеристиками авиационной системы (АС) (квалификация летного состава, техническое оснащение летательного аппарата, применяемые авиационные средства поражения) и ГМУ (высота облачности, дальность видимости, сила ветра и т.п.) [1]. С точки зрения лица, принимающего решение (ЛПР) об организации выполнения задачи, ГМУ рассматриваются как измеряемая или прогнозируемая характеристика состояния среды, в соответствии с которой необходимо принять решение о выборе доступных и рекомендованных (ДРАС и РРАС) ресурсов АС представленных на рисунке 1.

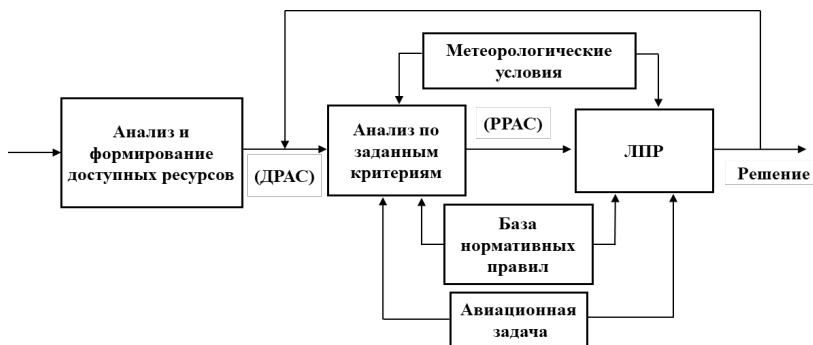


Рис. 1. Структурная схема процесса принятия метеозависимых решений

Применением АК состоит из нескольких этапов, выполнение которых рассматривается как последовательность случайных событий (полет, маневр, действия в районе выполнения задания, полет обратно), которые наступают с некоторой вероятностью, и в качестве частного показателя эффективности каждого этапа задачи выбирается вероятность его выполнения. Вместе с тем при отсутствии достаточных статистических данных в работе в качестве частного показателя эффективности каждого этапа задачи предлагается использовать возможность его выполнения, что соответствует понятию нечетких систем. Такой подход позволяет сформулировать задачу ЛПР как

обеспечение максимальной возможности решения задачи в различных ГМУ и делает задачу принятия решения робастной к ошибкам [2,3].

Каждому этапу полета соответствует свой вектор метеорологических характеристик, задающий ГМУ выполнения этапа, состав которого на каждом этапе полета может изменяться в зависимости от вида боевой задачи, выбранного способа ее решения и характеристик АС. В связи с этим в работе предлагается формализовать это влияние вектором метеорологических характеристик где на всех этапах взлета-посадки, полета по маршруту, действий в районе цели, вектор, содержит следующие основные компоненты: x_1 – горизонтальная дальность видимости; x_{11} – высота нижней границы облаков; x_{12} – посадочная видимость; x_{12} – скорость и направление ветра у земли и т.д.

Следовательно, процесс принятое решение будет иметь следующий вид $u^* = (x, u, y)$

Тогда возможность выполнения БЗ в целом будет определяться следующим образом на основе y – возможность выполнения задачи = $\max(y^{ba}(x, u); y^k(x_0, y_0, u))$, когда y^{ba} – возможность выполнения задачи с учетом внешних факторов; y^k – возможность выполнения задачи без учета внешних факторов; $x_0 y_0$ – значения компонентов векторов метеорологических характеристик и характеристик АС.

Предполагается, что ресурсы, измеряемые в номинальных или порядковых шкалах, можно представить на шкале действительных чисел, таким образом, лучшее соответствие ресурсов метеоусловиям отражается на этой шкале большими значениями. Тогда очевидно, что при фиксированных погодных условиях, функция их монотонно возрастает на всех этапах. Из этого утверждения следует, что при планировании задачи одновременно на всех его этапах следует рассчитать возможности и выбрать из них наименьшую. Соответствующий этап с номером будет «узким местом» при планировании безопасного полета. Выбор ресурсов, позволяющих увеличить значение, никаким образом не уменьшит значения возможностей этапов.

Такой подход позволяет рассчитывать необходимые, с точки зрения обеспечения эффективности выполнения задачи ресурсы только на одном этапе, соответствующему «узкому месту».

Также цель принятия решений (выбора на множестве ресурсов АК) можно представить в виде обобщенной модели нечеткого вывода решений представлен на рисунке 2.

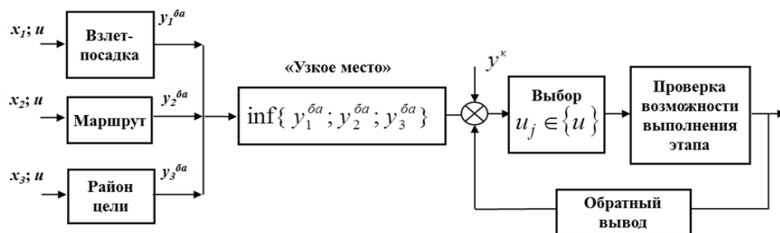


Рис. 2. Структурная модель нечеткого логического вывода

Нечеткое моделирование предоставляет эффективные методы и средства для решения задач выбора альтернатив при недостаточности знаний об анализируемом объекте, наличии в описании функционирования объекта экспертных данных или эвристик. Алгебра нечетких чисел является математической основой для построения математических моделей систем с использованием лингвистических переменных и обычных арифметических операций. Это позволяет использовать традиционные методы моделирования для анализа нечетких систем [3].

Для построения функций принадлежности лингвистической переменной, например – высота нижней границы облаков «ВНГО», тогда функции принадлежности рассматриваемых переменных будут иметь вид описываемый уравнениями нечеткой логики [4,5]

Обобщенный вид структурной модели нечеткого логического вывода показан на рисунке 3.

Нечеткие продукционные правила строятся с помощью экспертов. Пример:

«ЕСЛИ горизонтальная дальность видимости высокая и квалификация летчика очень высокая и нижняя граница облаков в районе высокая, ТО возможность выполнения задачи в районе цели высокая».

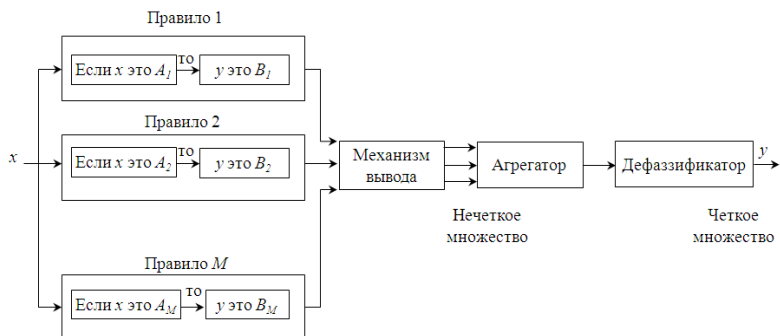


Рис. 3. Структурная модель нечеткого логического вывода

Таким образом, методика оценки влияния гидрометеорологических условий на эффективность применения авиации будет строиться следующим образом:

1 – оценка влияния сложных метеорологических условий на безопасность АК и эффективность выполнения задачи и постановка задачи выбора ресурсов АС, обеспечивающих заданный уровень возможности (вероятности) успешных действий на наиболее сложном этапе выполнения БЗ;

2 – подготовка информации о текущих и прогностических гидрометеорологических характеристиках и ресурсов АС, включая подбор измерительных шкал, фаззификацию переменных, выбор и фаззификацию лингвистических критериев;

3 – установление с помощью экспертов влияния гидрометеорологических факторов и назначенных ресурсов АС на эффективность применения АК в СМУ с учетом возможности безопасности полетов; для различных ресурсов предлагается методика формирования базы нечетких продукционных правил, описывающих зависимость между метеорологическими характеристиками и назначенными ресурсами АС на степень возможности проведения безопасного полета;

4 – выполнение анализа экспертной информации на согласованность индивидуальных оценок эксперта, согласованность групповых экспертных оценок, расчет оценки экспертных компетенций в группе экспертов и формирование обобщенной оценки по индивидуальным оценкам группы экспертов;

5 – осуществление выбора ресурсов АС, обеспечивающих максимальное приближение к требуемой возможности характеристике эффективности применения АК.

Заключение

Описанная выше методика предоставляет широкие возможности для создания системы обеспечивающей поддержку принятия решений на применение авиации, а также последующего моделирования и анализа метеорологических процессов, что как следствие позволит повысить эффективность применения решений в условиях не полностью определённой гидрометеорологической информации.

Список литературы

1. Системы метеорологического, экологического и аэрокосмического мониторинга. Монография. / Под ред. В.В. Михайлова// – М.: Радиотехника, 2015. – 184 с.
2. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография. /А.Е. Алтунин, М.В. Семухин // – Тюмень: ТГУ, 2000. – 352 с.
3. Блюмин, С.Л. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения. / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова П.В. // – Липецк: ЛЭГИ, 2002. – 111 с.
4. Попов, В.В. Методические аспекты применения нечеткой логики при повышении качества гидрометеорологического обеспечения авиации / В.В. Попов // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации: материалы – Минск: авиационный факультет учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», 2013. – С. 180–181.
5. Меньшаков, Ю.К. Теоретические основы технических разведок. – М.: ИПЦ «Маска», 2017. – 640 с.

Оценки комплементарности влияния человеческого капитала, сформированного на базе образовательных и научных организаций, на региональное развитие России

В. В. Кульба, email: kulba@ipu.ru¹

В. И. Меденников, email: dommed@mail.ru²

¹ ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН

² ФИЦ ИУ РАН

***Аннотация.** В статье на базе разработанных ранее моделей оценки человеческого капитала в системе образования и науки дается сравнительный анализ влияния этих сформированных капиталов на социально-экономическое развитие регионов на примере сельскохозяйственной отрасли, имеющей наибольшее представительство, как ВУЗов, так и НИИ на территориях страны.*

***Ключевые слова:** сельское хозяйство, человеческий капитал, рейтинги, регионы, ВУЗ, НИИ, математическая модель.*

Введение

С учетом возрастающей роли человеческого капитала (ЧК) и превращения его в один из важнейших факторов инновационного развития страны и всего общества значение этого фактора для российской экономики в ситуации введенных санкций развитыми странами против России в настоящее время сложно переоценить. Обширные санкции требуют адекватной реакции и по трансформации ЧК, что позволит ускорить решение проблемы и перехода в цифровой трансформации страны на более системный путь в виде научно-обоснованного сочетания цифровых технологий с материальными, финансовыми, человеческими ресурсами, способными обеспечить наивысшую эффективность экономики в условиях динамично совершенствующихся технических, аппаратных, программных, информационных средств, цифровых технологий. Решение данной проблемы начали предлагать ведущие специалисты [1, 2, 3, 4].

Поскольку ЧК играет ключевую роль в социально-экономическом развитии регионов, то для оценки влияния его на экономический рост и конкурентоспособность этих территорий и государства в целом рассмотрим соответствующие математические модели, аккумулирующие формирование данного капитала в региональных системах образования и науки. В силу большого размера данных

моделей формирования ЧК в ВУЗах и НИИ, отсылаем читателей к исследованиям [5, 6], где они подробно рассматриваются. Здесь же рассмотрим проблему так называемой комплементарности оценок ЧК в этих двух взаимозависимых системах, обусловленных необходимостью совместного развития и скоординированных изменений под влиянием и санкций, и цифровой экономики. Теория комплементарности различных активов изложена в работе Милгрома и Робертса [1].

1. Онтологическая совместимость математических моделей формирования и оценки человеческого капитала в системе образования и науки

В данный момент в результате проведенных в перестроечное время в стране реформ в экономике сложившаяся система распространения знаний оказалась разрушенной, а новая на основе информационных технологий – не создана, поэтому, как работникам в сфере науки, образования, так и товаропроизводителю, управленцам трудно найти адекватную информацию по разработкам, публикациям, материальным ресурсам, по новым технологиям в экономике. В этой ситуации почти единственным источником такой ценной информации оказалось web-представительство НИИ и ВУЗов. В [7] научно обосновано формирование единой цифровой платформы (ЦП) информационных научно-образовательных ресурсов (ИНОР), интегрирующей все знания, произведенные НИИ и ВУЗами и с единых онтологических позиций, и отражающей триединую роль знаний: коммуникационной среди ученого и образовательного сообществ, образовательной, инновационной в виде трансфера указанных ресурсов в производство, в частности, в санкционный период с целью ускоренной разработки цифрового инструмента для адекватной реакции регулирующих органов на возникшие новые запросы общества, бизнеса в этих условиях. На основе такого подхода были при этом разработаны и единообразные модели оценки ЧК в системе образования и науки для всех регионов страны. В итоге были получены величины оценок ЧК, где в указанной выше постановке значение P_1^m можно определить как оценку ЧК, производящим m -м образовательным учреждением, а значение P_2^m как оценку ЧК, производящим n -м научным учреждением. Соответственно, были рассчитаны и рейтинги этих оценок ЧК P_1^{0m} и P_2^{0m} .

Чтобы понять, насколько они соответствует фактическому ЧК и степень влияния каждого, нужно ввести некоторый критерий, показывающий степень влияния данных ЧК на социально-экономическое положение региона. Для чего используем ряд

региональных рейтингов R_k^i , наиболее качественно характеризующих их социально-экономическое положение, где k – индекс рейтинга, $k \in K$, i – номер региона, $i \in I$. Определим выражение $R^i = (\sum_{k=1}^K \eta_k R_k^i) / K$, как обобщенный региональный рейтинг социально-экономического положения регионов, где η_k – положительные числа, отражающие веса слагаемых и $\sum_{k=1}^K \eta_k = 1$. Веса зависят от отраслевой направленности регионов и степени статистической зависимости рейтингов ВУЗов и НИИ с рейтингами регионов. Пример такого подхода приведен в [8].

Тогда оценка влияния ЧК на социально-экономическое положение определяется соотношениями P_1^{0m} и P_2^{0m} с R^i при $m = i$, либо $n = i$. Например, при $P_1^{0m} > R^m$ очевидно, что образовательный ЧК в регионе недостаточно развит. Причинами могут являться следующие факторы: недофинансирование ВУЗов, слабый преподавательский корпус, программы обучения в ВУЗах не вполне отвечают требованиям региона и т.д. Соотношение $P_1^{0m} < R^m$ может означать, что ЧК недостаточно эффективно используется региональными властями и бизнесом. Причины этого могут быть тоже разные: инновационная деятельность в регионе не соответствует ЧК, региональная потребность в специалистах меньше потенциала ЧК ВУЗов, следствием чего будет большая миграция выпускников из региона, программы обучения превышают потребность региона и т.д. Соотношение $P_1^{0m} = R^m$ является показателем сбалансированности потенциала ЧК ВУЗов и региональной потребности в специалистах. Определение же показателя $\Delta^m = P_1^{0m} - P_1^{0t-t_1, m}$, где $t - t_1$ – временной лаг, позволяет динамически оценивать изменения в лучшем/худшем направлении качества ЧК.

Аналогично для научного ЧК соотношение $P_2^{0m} > R^m$ выражает факт, что ЧК в регионе недостаточно развит опять же по разным причинам: недостаток финансирования, слабый состав научных работников, потребность региона в специалистах больше потенциала ЧК НИИ, большая миграция ученых из региона, программа научных исследований не удовлетворяет требованиям региона и т.д. Соотношение $P_2^{0m} < R^m$ означает, что ЧК в регионе недостаточно используется региональными властями и бизнесом. Причины могут

быть также разные: недостаточная инновационная деятельность в регионе, потребность региона в специалистах меньше потенциала ЧК НИУ, большая миграция ученых в регион, программа научных исследований превышает требования региона и т.д. Соотношение $P_2^{0m} = R^m$ означает сбалансированность потенциала ЧК НИИ и потребностей региона в ученых. При введении опять же величины $\Delta^m = P_2^{0m} - P_2^{0t-t_1, m}$, где $t - t_1$ – временной лаг можно оценить степень изменения в лучшую/худшую сторону качества ЧК.

2. Результаты моделирования комплементарности влияния ЧК, сформированного на базе образовательных и научных организаций, на региональное развитие России

Для получения практических результатов расчетов на основе данных моделей в 2022г. был завершен анализ состояния информационных ресурсов, имеющихся на сайтах сельскохозяйственных ВУЗов и НИИ, для чего был осуществлен их мониторинг, показатели которого повторяют используемые в 2017г. для такого же мониторинга указанных организаций с целью возможности их сравнения в дальнейшем. Для оценки влияния ЧК на социально-экономическое положение регионов были выбраны сельскохозяйственные ВУЗы и НИИ в силу наличия данной отрасли в большинстве регионов, что отражается и на значительном числе указанных организаций. Так, в стране в настоящее время имеется 54 сельскохозяйственных ВУЗа и 153 НИИ даже после значительного укрупнения их со 185 до реформы.

При этом будем для исследований рассматривать лишь те регионы, где есть аграрные ВУЗы и НИИ. При этом для анализа ВУЗов исключены такие регионы, как Москва, Санкт-Петербург и Татарстан, где имеются несколько аграрных ВУЗов, для анализа же НИИ исключены из рассмотрения также некоторые регионы, как Москва, Санкт-Петербург, Татарстан и ряд других, так как в этих регионах несколько аграрных НИИ, которые имеют разные оценки и рейтинги, так что корректно сопоставить регион с ВУЗами и НИИ не представляется возможным. В итоге для анализа ВУЗов в списке осталось 45 регионов, а для анализа НИИ количество регионов сократилось до 37. Пересечение данных регионов дает величину 17. Для сравнительного анализа степени влияния ЧК, произведенного в системе образования и науки, на региональное развитие также были выбраны региональные рейтинги, для которых имеются в исследованиях соответствующие оценки. В итоге в табл. 1 представлены такие

рейтинги с весами для расчета обобщенных региональных рейтингов социально-экономического положения, отражающими аграрную направленность рассматриваемых регионов. Для сопоставления всех трех рейтингов они были нормированы от единицы до 17.

Таблица 1

Рейтинги регионов со ссылками в интернете

№	Рейтинг	Ссылка	Вес (%)
1	Социально-экономического развития	https://riarating.ru/infografika/20210531/630201353.html	25
2	Региональных губернаторов	https://governors.ru/rating	15
3	Индекс научно-технологического развития	http://vid1.rian.ru/ig/ratings/regions_R&D_20.pdf	10
4	Эффективность работы АПК регионов	https://www.agroinvestor.ru/analitics/news/34201-analitiki-sostavili-reyting-regionov-po-effektivnosti-raboty-apk/	50

В табл. 2 представлены результаты расчетов рейтингов регионов, НИИ, ВУЗов, а также сравнение их, полученных в 2017г. с рассчитанными в 2022г., где приведены обозначения:

- r1 – обобщенный региональный рейтинг;
- r2 – рейтинг региональных ВУЗов;
- r3 – рейтинг региональных НИИ;
- С – статус региона, где О – область, Р – республика.

Таблица 2

Сравнение региональных, ВУЗовских и научных рейтингов в динамике (2017/2022)

Регион	С	r1	r2	r2- r1	r3	r3- r1	(r2- r1)- (r3- r1) в %
Белгородская	О	2/2	1/1	-1/-1	4/5	+2/+3	-3/-4; 18/24
Брянская	О	9/7	2/3	-7/-4	6/14	-3/+7	-4/-11; 24/65

Окончание таблицы 2

Регион	С	r1	r2	r2- r1	r3	r3- r1	(r2- r1)- (r3- r1) в %
Ивановская	О	16/10	10/15	-6/+5	17/16	+1/+6	-7/-1; 41/6
Костромская	О	12/11	9/14	-3/+3	15/15	+3/+4	-6/-1; 35/6
Курганская	О	8/5	6/12	-2/+7	8/6	0/+1	-2/+6; 12/35
Алания	Р	17/16	11/7	-6/-9	16/3	-1/-13	-5/+4; 29/24
Башкортостан	Р	1/4	5/4	+4/0	11/17	+10/+13	-6/-13; 35/76
Бурятия	Р	11/14	3/8	-8/-4	5/4	-6/-10	-2/+6; 12/35
Дагестан	Р	13/5	16/17	+3/+12	13/11	0/+6	+3/+6; 18/35
Кабардино-Балкария	Р	16/17	14/11	-2/-6	12/13	-4/-4	+2/-2; 12/12
Удмуртия	Р	7/9	13/5	+6/-4	1/10	-6/+1	+12/-5; 71/29
Чувашия	Р	6/6	4/6	-2/0	14/9	+8/+3	-10/-3; 59/18
Ростовская	О	3/1	7/9	+4/+8	10/1	+7/0	-3/+8; 18/47
Свердловская	О	4/3	12/2	+8/-1	3/8	-1/+5	+9/-6; 53/35
Тверская	О	14/10	15/13	+1/+3	9/7	-5/-3	+6/+6; 35/35
Тюменская	О	5/7	17/16	+12/+9	2/2	-3/-5	+15/+14; 88/82
Ульяновская	О	10/13	8/10	-2/-3	7/12	-3/-1	+1/-2; 6/12

Проанализируем влияния ЧК ВУЗов и НИИ на региональное развитие в терминах комплементарности.

Белгородская область. ВУЗовский ЧК недостаточно эффективно используется, а научный недостаточно развит. В целом, можно констатировать, что эти два ЧК комплементарны по влиянию на регион на всем периоде измерений.

Брянская область. ВУЗовский ЧК значительно недоиспользуется, а научный показал значительную деградацию, перейдя из разряда превышающего ЧК региона в разряд недостаточного развития. В целом, в области наблюдается плохая комплементарность двух капиталов по влиянию на регион.

Ивановская область. ВУЗовский ЧК резко деградировал на фоне значительного улучшения регионального рейтинга, а научный же остался недостаточно развит с элементами большей деградации. В результате, эти два ЧК оказались комплементарны.

Костромская и Курганская области повторяют тенденции Ивановской области.

Республика Алания. ВУЗовский и научный ЧК недостаточно развиты с усилением деградации, что позволяет их назвать комплементарными.

Республика Башкортостан. Поскольку ВУЗовский ЧК перешел из разряда недостаточно развитого к сбалансированному состоянию, а научный как был недостаточно развитым, так им и остался со значительной деградацией, то отметим плохую их комплементарность.

Республика Бурятия. Хотя ВУЗовский и научный ЧК недостаточно эффективно используются, однако, первый снижает влияние, а второй наращивает темпы, что позволяет их отнести к слабо комплементарным.

Республика Дагестан. Здесь динамика обоих ЧК привела к переходу их из разряда хорошей комплементарности к разряду плохой.

Республика Кабардино-Балкария. Здесь оба ЧК недостаточно эффективно используются, что позволяет их назвать комплементарными.

Республика Удмуртия и Ростовская область. В силу разнонаправленных темпов изменения ЧК они перешли из разряда комплементарности в разряд плохой комплементарности.

Республика Чувашия. Здесь, в отличие от Республики Удмуртии, разнонаправленные темпы изменения ЧК привели к переходу из разряда плохой комплементарности в разряд хорошей.

Свердловская область. В области в силу разнонаправленных темпов изменения ЧК они перешли из разряда отрицательной комплементарности в разряд плохой комплементарности.

Тверская область. Анализ темпов изменения ЧК позволяет отнести их на протяжении длительного времени в разряд плохой комплементарности.

Тюменская область. Соответствие же этих двух капиталов региональным ЧК продолжило оставлять их в разряде отрицательной комплементарности.

Ульяновская область. Темпы изменения обоих ЧК, хотя и недостаточно эффективно используемых, позволило находиться им на всем временном интервале в разряде хорошей комплементарности.

Такой размах отклонений образовательного и научного ЧК, как от регионального, так и между собой можно объяснить незначительностью, бессистемностью представления ИНОР на сайтах ВУЗов и НИИ. По всей логике развития цифровых технологий и необходимости реакции на санкции количество ИНОР на этих сайтах должно расти с некоторым темпом, однако наблюдаем тенденцию

резкого снижения их количества и качества. Так, у НИИ число разработок снизились с 18806 до 5410, публикаций – с 43718 до 8274, БД – с 238 до 124, число консультантов – с 231 до 14. У ВУЗов число разработок снизились с 4660 до 3359, БД – с 675 до 0, число консультантов – с 259 до 76. В то же время на сайтах ВУЗов произошел всплеск числа публикаций с 19401 до 41001, что связано с переходом их на удаленный формат обучения.

Заключение

В работе показано, что вариабельность отклонений образовательного и научного ЧК, как от регионального, так и между собой объясняется незначительностью, бессистемностью представления ИНОР на сайтах ВУЗов и НИИ. Этот фактор явился причиной незначительной комплементарности образовательного и научного ЧК. Показанная деградация содержимого сайтов в большей степени продиктована текущими приоритетами Минобрнауки по стимулированию лишь увеличения публикационной активности ученых и преподавателей.

Таким образом, в работе продемонстрировано недостаточное влияние ЧК, сформированного в системе образования и науки на социально-экономическое развитие регионов. Однако, для уточнения причин недостаточного развития его в каждом регионе необходимо было бы провести серию дополнительных экспертных мониторингов.

Список литературы

1. Milgrom, P. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization / P. Milgrom, J. Roberts // *American Economic Review*. – 1990. – Vol. 80. – № 3. – P. 511–528.
2. Brynjolfsson, E. Intangible Assets: Computers and Organizational Capital / E. Brynjolfsson, L. Hitt, S. Yang // *Brookings Papers on Economic Activity*. – 2002. – vol.2. – No.1 – P. 137-198
3. A Brief History of Tomorrow / Y. N. Harari, Deus Homo ; – London : - Vintage, 2015. – 496 p.
4. Зацаринный, А. А. Цифровая платформа для научных исследований / А. А. Зацаринный // *Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях : материалы Межд. научной конф. (Воронеж, 3–6 сентября 2018 г.)* – Воронеж, 2018 – С. 104-113.
5. Кульба, В. В. Математическая модель оценки влияния человеческого капитала на развитие регионов России с учетом современных тенденций цифровизации / В. В. Кульба, В. И. Меденников // *Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII*

Межд. научно-практ. конф. им. Э.К. Алгаинова (Воронеж, 15–17 февраля 2023 г.) – Воронеж, ВГУ : 2023 – С. 857-864.

6. Управление человеческим капиталом в условиях цифровизации экономики: оценка его влияния на экономический рост, конкурентоспособность, социальное благополучие и развитие общества / Ф. И. Ерешко [и др.] – М.: РУДН, 2020. – 214 с.

7. Меденников, В. И. Формирование единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов – основа цифровой трансформации образования / В. И. Меденников // Цифровые трансформации в образовании : материалы межд. научно-практ. конф. (Новосибирск, 23 апреля 2020 г.). – Новосибирск, СГУПС : 2020 – С. 129-135.

8. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В. И. Меденников [и др.] – М.: Аналитик, 2017. – 250 с.

Новый подход к оценке качества реализации образовательных программ

А. Е. Лоскутова, email: anyaa02@yandex.ru

М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В работе рассматривается эффективный подход к оценке качества реализации образовательных программ в школе. Используется дискретная цепь Маркова для системы с нечеткими состояниями, основанная на обработке данных временных рядов (набор оценок обучающегося за некоторый период времени). В этом случае матрица перехода имеет стохастический характер. Такой подход позволяет находить стационарные состояния системы, характеризующие ее в заданном интервале времени. Особенностью полученной цепи Маркова для нечетких состояний системы является возможность учитывать динамику изменения состояний при расчете стационарных состояний, в отличие от широко используемого метода усреднения, основанного на вычислении средних арифметических.*

***Ключевые слова:** марковская цепь, нечеткие состояния, образовательный процесс, управление, система принятия решений.*

Введение

Важной проблемой современного образования (как на уровне школы, так и в рамках высшего образования) является повышение его качества. Современные инновационные подходы к оценке качества формирования знаний и компетенций обучающегося предполагают непрерывность процесса оценивания и, как следствие, анализ результатов освоения образовательной программы обучающимся в динамике [1]. Современные образовательные стандарты рекомендуют переход от традиционного подхода к оценке достижений обучающихся к выявлению динамики их развития [2]. Обработка результатов оценивания (представление этих результатов в удобном для пользователей виде и интерпретация их в соответствии с задачами педагогического контроля) включает преобразование первичной шкалы, построенной по временному ряду оценок, в скалярную величину, которая может быть определена как предел последовательности результатов измерений (оценок), когда количество измерений стремится к бесконечности. Эту величину часто называют скрытой

характеристикой, акцентируя внимание на ее уникальности для характеристики данного обучающегося и инвариантности относительно методов измерения [3].

Учитывая, что в рамках образовательного процесса обучающегося в целом можно рассматривать как динамическую систему, оценка его состояния (качества реализации образовательной программы) является важной задачей принятия решений, открывающей широкие перспективы [4,5]. Исторические данные всегда включает в себя динамику изменения значений набора признаков за определенный период времени. При этом они могут быть формализованы в виде многомерных временных рядов. Большинство известных подходов, таких как логистическая регрессия, деревья решений, многослойные перцептроны и др., используют данные в виде статистических ансамблей и не учитывают динамику изменения, что может привести к существенной систематической ошибке оценки. Рекуррентные нейронные сети учитывают динамику, но их реализация нетривиальна и для их обучения требуется достаточной большой объем статистических данных в виде длинных временных рядов. Относительно простые динамические модели, такие как цепи Маркова, которые используются в поведенческом скоринге [6], могут служить альтернативой рекуррентным нейронным сетям. Важной особенностью цепи Маркова является способность не только прогнозировать переходные состояния динамического объекта, но и определять стационарные состояния, важные для оценки маржинального состояния.

В образовании сложно принимать обоснованные решения о границах классов эквивалентности значений вероятности оценок. Уместнее рассмотреть классы толерантности. Таким образом, представляется целесообразным ввести некоторую лингвистическую переменную, например «Уровень владения дисциплиной». При этом, будем рассматривать набор результатов освоения дисциплины как набор нечетких состояний оценок. В этом случае, для получения характеристики результатов овладения дисциплиной можно использовать модель цепи Маркова с нечеткими состояниями, которая является более гибкой и реалистичной, чем классическая модель цепи Маркова, основанная на четких состояниях. Методы построения цепи Маркова для нечетких состояний являются актуальной темой многих исследований. Основная технология построения нечеткой цепи Маркова описана в недавних работах [4,5]. В классической работе Заде [7] были введены такие объекты, как нечеткие множества для математического введения нечетких состояний. В работе [8] нечеткая цепь Маркова представлена как классическая цепь Маркова, основанная на нечетких вероятностях перехода. Основная проблема заключается в вычислении

этих вероятностей. Пардо и Фуэнте в работе [9] показали подход к вычислению вероятностей перехода, основанный на концепции условной вероятности нечеткого состояния. В работе [10] рассмотрен подход к построению матрицы перехода на основе результатов наблюдения нечеткого временного ряда. При построении цепи Маркова для нечетких состояний имеет место наблюдаемая динамика исторических данных в виде временных рядов, тогда как сами нечеткие состояния не наблюдаемы.

Таким образом, основной целью работы является построение эффективного и удобного подхода к принятию решения в процессе реализации образовательных программ. Такой подход может быть реализован с использованием модели цепи Маркова для нечетких состояний, которая, в свою очередь, позволяет оценить стационарное состояние (уровень освоения дисциплины) и изучить влияние динамики на точность оценки статуса. Использование этих методик дает важный инструмент удобной обработки результатов оценивания, педагогического контроля и повышения качества школьного образования.

1. Основной подход и нахождение стационарных состояний вероятностного распределения для нечетких состояний

Основной подход, используемый в работе основан на следующем предположении. Вероятности получения оценки обучающимся определяются на определенном интервале времени набором динамически изменяющихся факторов из набора исторических данных. При этом каждый фактор так или иначе влияет на вероятность получения оценки. Учет эффекта каждого из них должен осуществляться соответствующей цепью Маркова. Полученные локальные распределения вероятностей состояний градаций в дальнейшем будут агрегированы с учетом степени влияния каждого фактора и их возможного взаимодействия.

Рассмотрим основные этапы предлагаемой методики моделирования. Для построения нечеткой модели временных рядов необходимо задать лингвистическую шкалу в виде упорядоченного набора. Непрерывный отрезок $[a; b] \in X$ выбирается таким образом, чтобы в этот отрезок входили все возможные значения уровней членов временного ряда. Далее проводится нечеткое разбиение отрезка $[a; b]$, т.е. задается множество состояний, соответствующее следующим предположениям: функции принадлежности являются нормированными треугольными функциями с модами, равными единице, и нулевыми значениями на концах носителя; для обеспечения равномерного

покрытия $[a;b]$ носители соседних функций принадлежности выбираются и размещаются на множестве $[a;b]$ так, чтобы они пересекались и выполнялось равенство функций принадлежности в точках пересечения (может быть выбрано значение 0,5).

Пусть имеется набор значений оценок временного ряда, уровни которого задаются дискретными значениями или интервалами (в случае непрерывного x) на $[a;b]$. Определим также лингвистическую шкалу, содержащую необходимое и достаточное количество членов для описания нечетких состояний.

Нечеткий временной ряд состояний формируется на основе нечеткого соответствия, которое задается в каждый момент времени t . Последовательно подставляем значения членов временного ряда во все функции принадлежности и отмечаем те состояния, значения которых больше нуля. Функции принадлежности определяют нечеткий вектор состояний в момент времени t . Таким образом, изменение во времени значений членов временного ряда определяет нечеткий временной ряд состояний. Если предположить, что временной ряд оценок обладает марковским свойством, то нечеткий временной ряд состояний благодаря принятому алгоритму его построения также будет соответствовать марковскому свойству. В этом случае, следуя классическим методам можно утверждать, что за предыдущим состоянием с определенной вероятностью последует другое состояние, и, следовательно, на множестве состояний можно ввести нечеткое отношение, которое можно формально представить с помощью нечетких импликаций. Такое нечеткое отношение мы будем рассматривать как событие изменения нечеткого состояния.

Наблюдаемые особенности состояния x , определяющего временной ряд обычно рассматриваются как случайные величины из-за случайности формирующих их факторов и (или) наличия ошибок наблюдения. Следовательно, событие принятия некоторого конкретного значения x^t является случайным и характеризуется вероятностью $p(x^t) \subset [0;1]$. Поскольку событие изменения нечеткого состояния определяется как x^t , его также следует рассматривать как случайное событие. Сочетание двух различных типов неопределенности, таких как нечеткость и случайность, требует введения концепции нечеткого вероятностного пространства.

Следуя работе [11], нечеткое вероятностное пространство определяется тройкой $(\Omega, \sigma(\Omega), P(A))$, где Ω – множество нечетких

случайных событий; $\sigma(\Omega) \subset 2^\Omega$ – сигма-алгебра на множестве Ω ; $P(A)$ – вероятность нечеткого случайного события $A \subset 2^\Omega$.

Нечеткие соответствия в различные смежные моменты времени могут порождать однородные (в смысле инвариантности) импликации с разными значениями функции принадлежности.

Оценку распределения вероятностей можно получить на основе концепции статистической вероятности. Для этого мы представляем все возможные нечеткие случайные события на множестве нечетких состояний в виде матрицы. Элементы этой матрицы представляют собой объединения всех однородных нечетких событий, полученных в результате наблюдений. Каждая строка матрицы содержит полную группу событий. Число элементарных нечетких событий в каждой строке матрицы равно $K_i = \sum_{j=1}^s K_{ij}$ для всех i . Выберем из каждого набора однородных событий элементарные события с одинаковыми значениями функции принадлежности. Обозначим также количество таких значений как K_{ij}^μ . Затем частота или статистическая вероятность элементарного события в полной группе событий рассчитывается с использованием выражения:

$$w(\tilde{A}_{ij}^{ekk}) = p(\tilde{A}_{ij}^{ekk}) = \frac{K_{ij}^\mu}{K_i}.$$

Это выражение позволяет вычислить вероятности для элементов, входящих в построенную матрицу. Таким образом, матрица вероятностей имеет вид:

$$\begin{pmatrix} P(\tilde{A}_{11}) & \dots & P(\tilde{A}_{1s}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(\tilde{A}_{s1}) & \dots & P(\tilde{A}_{ss}) \end{pmatrix}.$$

Вероятности нечетких случайных событий можно было бы рассматривать как элементы стохастической матрицы перехода, но эти вероятности, вообще говоря, не удовлетворяют обязательному условию:

$$\forall i \left(\sum_j P_{ij} = 1 \right).$$

Это условие будет выполняться после следующей нормировки:

$$\forall i \left(P_{ij} = \frac{P(\tilde{A}_{ij})}{\sum_j P(\tilde{A}_{ij})} \right).$$

Теперь полученные значения можно рассматривать как элементы стохастической матрицы перехода и интерпретировать как вероятности случайных нечетких событий. Дискретная модель цепи Маркова случайных нечетких состояний не отличается от классических обозначений:

$$\begin{pmatrix} p_1^{t+1} \\ \vdots \\ p_s^{t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{s1} & \cdots & p_{ss} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} p_1^t \\ \vdots \\ p_s^t \end{pmatrix}$$

с начальным состоянием $(p_1^0, \dots, p_s^0)^T$.

Для определения состояния системы, т.е. определения вероятностей ее стационарных состояний, необходимо решить эту систему в предположении о стационарности $\mathbf{p}^{t+1} = \mathbf{p}^t$. Для получения нетривиальных решений указанную систему обычно переписывают, заменяя одно из уравнений условием нормировки $p_1^s + p_2^s + \dots + p_s^s = 1$.

2. Численный эксперимент

Численное моделирование проводится с целью проверки адекватности предлагаемого метода построения нечеткой цепи Маркова и оценки стационарного состояния.

Пусть лингвистическая переменная с названием «Уровень владения дисциплиной», с соответствующими нечеткими статусами: « A_1 – отлично»; « A_2 – хорошо»; « A_3 – удовлетворительно»; « A_4 – неудовлетворительно», может быть представлена на лингвистической шкале, представленной на рисунке. Для каждого нечеткого состояния эксперт определяет треугольную функцию принадлежности, определяющую состояние.

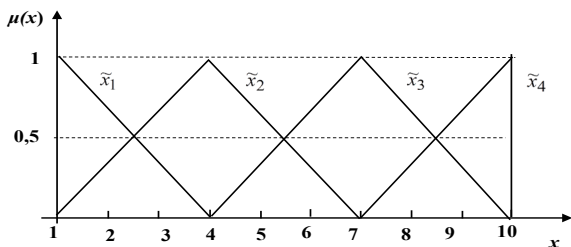


Рисунок. Лингвистическая шкала нечетких состояний системы оценки успеваемости учащихся

Принимая во внимание вышеизложенные предположения, рассмотрим скалярные оценки, представленные временным рядом по десятибалльной шкале:

$$x = (x^1; x^2; \dots; x^{12}) = (5; 6; 6; 5; 6; 6; 5; 6; 6; 5; 6; 6).$$

Статистически значимая регрессионная зависимость уровней рядов от времени описывается уравнением $x = at + b$, где $a = 0$, $b = 5,667$. То есть временной ряд стационарен со средним значением 5,667.

Как видно, обучающийся занимался практически стабильно с минимальным разбросом оценок в середине шкалы. Обычный подход к оценке статуса обучающегося при условии эквивалентности полученных локальных оценок – ориентироваться на средний балл, в данном случае этот балл равен 5,67.

Предлагаемая методика оценки статуса (в данном случае статуса обучающегося) заключается в получении стационарного состояния распределения вероятностей состояний лингвистической шкалы «Уровень владения дисциплиной». Если оцифровать лингвистическую шкалу, указав следующие часто используемые соответствия: «неудовлетворительно» – 2; «удовлетворительно» – 3; «хорошо» – 4; «отлично» – 5, то для заданного распределения вероятностей можно вычислить среднее значение состояния. Здесь надо иметь в виду, что средние значения дискретных величин всегда определяются в непрерывном масштабе. Например, при равномерном распределении состояний рассматриваемой языковой шкалы среднее значение состояний составит 3,5. Это трактуется как промежуточное состояние, которое с одинаковой уверенностью можно отнести как к «удовлетворительному», так и к «хорошему» состоянию. Но с полной уверенностью полученное промежуточное состояние нельзя отнести к категории «неудовлетворительное» или «отличное».

В этом случае появляется возможность сравнить средние значения временных рядов локальных оценок и средние значения нечетких состояний. Для этого необходимо лишь установить соответствие шкал измерений средним значениям. Линейное соответствие шкал легко построить на основе соответствия начальной и конечной частей каждой шкалы. При этом линейное соответствие шкалы [1; 10] и шкалы [2; 5] имеет вид:

$$\tilde{x}^{[2;5]} = \frac{1}{3}\tilde{x}^{[1;10]} + \frac{5}{3}.$$

Среднее значение в этом случае составляет:

$$\bar{x}^{[2;5]} = \frac{1}{3} \cdot 5,667 + \frac{5}{3} \approx 3,556.$$

Применяя предложенный метод, получаем матрицу вероятностей перехода нечетких оценок:

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,423 & 0,577 & 0 \\ 0 & 0,483 & 0,517 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Соответствующая система уравнений для определения стационарного состояния с учетом условия нормировки имеет вид:

$$\begin{cases} (0,423 - 1)p_2^s + 0,483p_3^s = 0, \\ p_2^s + p_3^s = 1. \end{cases}$$

Решение этой системы дает следующий вектор стационарных состояний $p^s = \{0; 0,456; 0,544; 0\}$. Среднее значение стационарных состояний равно:

$$\tilde{x}^{MC} = 0 \cdot 2 + 0,456 \cdot 3 + 0,544 \cdot 4 + 0 \cdot 5 \approx 3,554.$$

В данном случае уровень владения дисциплиной находится между «хорошо» и «удовлетворительно», немного ближе к «хорошо».

Как можно видеть, среднее значение временного ряда оценок и среднее значение оцифрованных стационарных состояний, как и ожидалось, почти равны. Это можно рассматривать как экспериментальное подтверждение адекватности предлагаемого метода.

Чтобы показать преимущество предложенного подхода, рассмотрим также нестационарные временные ряды оценок. Рассмотрим два нестационарных ряда, восходящий и нисходящий соответственно:

$$x_a = (2; 3; 3; 4; 5; 5; 6; 6; 7; 8; 9; 10),$$

$$x_d = (10; 9; 8; 7; 6; 6; 5; 5; 4; 3; 3; 2).$$

Отметим, что средние значения представленных рядов составляют 5,667, т.е. они равны среднему значению стационарного ряда.

Соответствующие матрицы вероятностей перехода состояний нечетких состояний:

$$M_a = \begin{pmatrix} 0,42 & 0,34 & 0,25 & 0 \\ 0,22 & 0,32 & 0,28 & 0,19 \\ 0 & 0,24 & 0,38 & 0,39 \\ 0 & 0 & 0,39 & 0,61 \end{pmatrix},$$

$$M_d = \begin{pmatrix} 0,6 & 0,4 & 0 & 0 \\ 0,34 & 0,36 & 0,3 & 0 \\ 0,18 & 0,26 & 0,32 & 0,24 \\ 0 & 0,2 & 0,39 & 0,41 \end{pmatrix}.$$

Соответствующие системы уравнений имеют вид:
для восходящего ряда:

$$\begin{cases} (0,42-1)p_1^s + 0,22p_2^s = 0, \\ 0,34p_1^s + (0,32-1)p_2^s + 0,24p_3^s = 0, \\ 0,25p_1^s + 0,28p_2^s + (0,38-1)p_3^s + 0,39p_4^s = 0, \\ p_1^s + p_2^s + p_3^s + p_4^s = 1. \end{cases}$$

для нисходящего ряда

$$\begin{cases} (0,6-1)p_1^s + 0,34p_2^s + 0,18p_3^s = 0, \\ 0,4p_1^s + (0,36-1)p_2^s + 0,26p_3^s + 0,2p_4^s = 0, \\ 0,3p_2^s + (0,32-1)p_3^s + 0,39p_4^s = 0, \\ p_1^s + p_2^s + p_3^s + p_4^s = 1. \end{cases}$$

Решение этих уравнений определяет распределение вероятностей стационарного состояния: для восходящего ряда:

$$p^s = \{0,06; 0,15; 0,36; 0,43\};$$

для нисходящего ряда:

$$p^s = \{0,38; 0,34; 0,2; 0,08\}.$$

Среднее значение стационарных состояний для восходящего ряда:

$$\tilde{x}^{MC} = 0,06 \cdot 2 + 0,15 \cdot 3 + 0,36 \cdot 4 + 0,43 \cdot 5 = 4,17;$$

для нисходящего ряда:

$$\tilde{x}^{MC} = 0,38 \cdot 2 + 0,34 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,08 \cdot 5 = 2,9.$$

Полученные результаты существенно различаются и находятся в хорошем согласии со здравым смыслом. Действительно, восходящие ряды всегда имеют стационарное состояние, большее его среднего значения; для убывающего ряда, напротив, среднее значение больше стационарного состояния. Следовательно, игнорирование динамики оценок приводит к установлению неверного соответствия между значениями факторов и значениями вероятности. Учет динамики, присущей цепям Маркова, позволяет более адекватно оценить состояние обучающегося.

Заключение

В представленной работе предложен эффективный и удобный подход оценке качества освоения образовательных программ в процессе школьного образования. В основе этого подхода лежит разработанный метод построения однородной цепи Маркова для системы с нечеткими состояниями, основанный на обработке данных временных рядов системы. В отличие от известных нечетких цепей Маркова, матрица перехода не рассматривается как нечеткое отношение, а остается обычной стохастической матрицей. Такой подход позволяет получать стационарные состояния системы, характеризующие ее состояние в течение определенного заданного периода времени. Особенностью полученной цепи Маркова для нечетких состояний системы является возможность учитывать динамику изменения состояний системы при расчете средних значений состояния, в отличие от широко используемой ориентации на усреднение, основанной на вычислении средних арифметических значений. Полученные численные результаты подтверждают адекватность предложенного подхода и возможность учета динамики. Полученные результаты могут служить основой для удобной обработки результатов оценивания, педагогического контроля, повышения качества школьного образования.

Список литературы

1. Крылова, О.Н. Технология формирующего оценивания в современной школе : учебно-методическое пособие / О.Н. Крылова, Е.Г. Бойцова. – Санкт-Петербург : КАРО, 2015. – 128 с.
2. Хавелова, Н.А. Современные формы и методы оценивания образовательных результатов школьников / Н.А. Хавелова, Т.В. Меннибаева // Молодой ученый. – 2018. – № 41 (227). – С. 192-197.

3. Интернет-библиотека Xliby.ru. – Режим доступа: http://www.xliby.ru/nauchnaja_literatura_prochee/testovyi_kontrol_v_obrazovanii/p6.php

4. Матвеев, М.Г. Дискретная однородная цепь Маркова для нечетких состояний / М.Г. Матвеев, Н.А. Алейникова, А.А. Громковский // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – №4. – С. 119-131.

5. Matveev, M. Fuzzy Risk States Assessment Using Markov Chains / M. Matveev, V. Korotkov // ICID 2022 Proceedings of the Third International Conference for Information Systems and Design. – Tashkent, Uzbekistan, September 12-13, 2022. – P.15-26.

6. Madden, M.G. Evaluation of the performance of the Markov blanket Bayesian classifier algorithm / M. G. Madden // Technical Report NUIG-IT-011002, Department of Information Technology - National University of Ireland, Galway, 2002.

7. Zadeh, L.A. Fuzzy Sets / L.A. Zaden // Information and Control 8(3) - Cambridge University Press, P. 338–353, 1965.

8. Kruce R. Processor Power Considerations: An Application of Fuzzy Markov Chains / R. Kruce, R. Buck-Emden, R. Cordes // Fuzzy Sets and Systems 21(3), P. 289–299, 1987.

9. Pardo, M.J. Fuzzy Markovian Decision Processes: Application to Queuing Systems // M.J. Pardo, D. Fuente // Computers and Mathematics with Applications 60(9), P. 2526–2535, 2010.

10. Ky, D.X. A Markov-fuzzy Combination Model for Stock Market Forecasting / D.X. Ky, L.T. Tuyen International Journal of Applied Mathematics and Statistics 55(3), P. 109–121, 2016.

11. Zadeh, L.A. Probability measures and fuzzy events / L.A. Zadeh // Journal of Mathematical Analysis and Applications 23(2), P. 421–427, 1968.

Роботизация задач с наборами данных в решениях бизнес-аналитики

Т. А. Макаrchук, email: tmakarchuk@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются роботы BI, преимущества программных роботов и технологий RPA, примеры конвергенции технологий RPA и BI, прикладные задачи, решаемые роботами BI.*

***Ключевые слова:** роботизированная автоматизация процессов, решения бизнес-аналитики..*

Введение

Роботизированная автоматизация процессов является одной из передовых технологий и позволяет существенно сократить время выполнения задач, исключив участие человека [1]. В решениях бизнес-аналитики программные роботы помогают решать задачи с наборами данных [2]. Технология RPA предоставляет инструментарий для создания специализированных агентов или «ботов», которые взаимодействуют с элементами графического интерфейса для выполнения повторяющихся задач на основе правил [3].

Объединение технологий бизнес-аналитики (англ. BI) и роботизированной автоматизация процессов (англ. RPA) позволяют компаниям быстрее найти точки роста, обойти конкурентов на рынке, повысить скорость и качество управленческих решений на основе или с учетом данных. В статье будут рассмотрены преимущества конвергенции технологий BI и RPA, представлены прикладные задачи, решаемые роботами BI.

1. Решения бизнес-аналитики для сквозной аналитики данных

Сквозная бизнес-аналитика позволяет все ключевые показатели бизнеса отображать в одном окне на панели мониторинга или странице интерактивного отчета. Комплексные интерактивные панели и отчеты по всем ключевым показателям позволяют в реальном времени выполнять мониторинг и анализ показателей в реальном времени, что способствует принятию эффективных управленческих решений в короткие временные сроки [4]. Для сквозной аналитики данных компании используют BI-решения – совокупность технологий,

программных решений и практик сбора, моделирования, анализа, визуализации и обработки данных о состоянии бизнеса на основе или с учетом данных. Сегодня ВІ играют ключевую роль в бизнес-аналитике.

Можно выделить основные преимущества ВІ-решений. Во-первых, в ВІ-решениях можно подключаться и обрабатывать большие наборы данных из нескольких источников. Во-вторых, в ВІ-решениях большие данные визуализируются, что делает их пригодными для человеческого восприятия в удобном формате. В-третьих, анализируя большие объемы данных, ВІ помогает акцентировать внимание на ключевых показателях и метриках. В-четвертых, с ВІ возможно моделировать исход различных вариантов действий и отслеживая результаты деятельности.

Стандартная отчетность ВІ представлена панелями мониторинга, динамическими интерактивными отчетами и отчетами по запросу. Типовая отчетность ВІ позволяет отвечать на такие вопросы, как «Что произошло?», «Что происходит?», «Сколько, как часто, где?», «Где именно проблема?», «Что делать?» «Что получим?».

Российский ВІ-рынок активно развивается и представлен многими российскими разработками, например, Luxms ВІ, 1С:Аналитика, Yandex DataLens, OMEGA ВІ, Loginom, Форсайт, Pix ВІ и многие другие.

В настоящее время наблюдается конвергенция (взаимопроникновение) технологий бизнес-аналитики и роботизированной автоматизации задач, что позволит повысить скорость и качество принимаемых управленческих решений.

2. Анализ корпоративных данных с использованием роботов ВІ

Рассмотрим подробнее основные преимущества использования программных роботов. Программные роботы имитируют действия, которые обычно выполняют люди, ускоряют выполнение задач, исключают риски, связанные с человеческим фактором, работают в режиме 24/7. Программные роботы работают быстро, без ошибок и остановок и могут успешно использоваться в задачах работы с данными: перенос данных из одной системы в другую, заполнение экранных форм, проверка корректности данных, работа с таблицами, создание и обновление отчетов и т.д.

Объединение технологий ВІ и RPA позволяют компаниям быстрее найти точки роста, обойти конкурентов на рынке, повысить скорость и качество управленческих решений на основе или с учетом данных.

Рассмотрим, какие прикладные задачи с данными можно выполнять в рамках объединения технологий RPA и ВІ.

Наиболее часто технологии RPA используются для автоматизированного сбора данных из разных источников (сайтов, новостных ресурсов, блогов, социальных сетей и др.), загрузки в единое

хранилище с их последующей аналитикой и визуализацией в удобном для человека формате при помощи BI.

Парсинг – яркий пример интеграции технологий RPA и BI для реализации процесса сбора данных на web-страницах с их последующей обработкой и анализом. Например, парсинг в задачах мониторинга цен позволяет автоматизировать сбор данных по ценам, скидкам, условиям доставки и прочее у конкурентов и визуализировать в виде интерактивного отчета для динамики текущей ценовой ситуации в реальном времени и формирования выгодных предложений клиентам.

Другой пример интеграции RPA и BI в задачах опроса. Опросы проводят для получения данных о мнениях и поведении людей, которые можно использовать для принятия важных решений. RPA и BI позволяют быстро собирать данные опроса и их анализировать.

Следующий пример совместного использования технологий BI и RPA – создание и отправка отчетов по запросу.

Построенные в BI-решении интерактивные отчеты и панели мониторинга с помощью программных роботов автоматически и периодически открываются с использованием фильтров и срезов в зависимости от получателя отчета, создаются нужные для получателя снимки экрана страниц отчета или плитки панели мониторинга в виде изображения или PDF-файла и мгновенно доставляются по электронной почте или иному каналу пользователям.

Слияние технологий RPA и BI привело к появлению термина роботы BI. Роботы BI позволяют решать дополнительные задачи к базовым задачам BI-решений.

Основными задачами BI-роботов являются сбор данных и размещение их в хранилище, обновление набора данных, анализ отчета и доставка результатов аналитики. Задачи BI-робота выполняются периодически по расписанию или по триггеру наступления события.

3. Конвергенция технологий RPA и BI для аналитики входящих заявок компании

Рассмотрим пример решения задачи аналитики входящих заявок с использованием роботов BI.

Для аналитики входящих заявок компании был смоделирован и разработан поток по принципу «триггер» - «последовательность действий» [5]. Триггером может быть входящее сообщение электронной почты или поступление документа в систему ЭДО, поток также может начинать работу по расписанию. После старта потока начинается обработка действий. В качестве действий могут быть использованы коннекторы к различным сервисам. Созданные потоки можно использовать в качестве источника данных для BI. Определив ключевые

показатели для отслеживания, создаются подключения к остальным необходимым источникам - системе ЭДО, 1С: Управление предприятием, таблицам учета. Выбирается принцип обновления ВП-панели - регулярное, например, раз в сутки, или по триггеру - сводная панель может меняться после выполнения потока, что позволит работать с данными практически в реальном времени.

Общая схема потока управления документами, созданного на основе бизнес-правил с использованием технологии RPA, представлена на рисунке 1. Поток работает в связке с электронными таблицами, облачным хранилищем и электронной почтой.

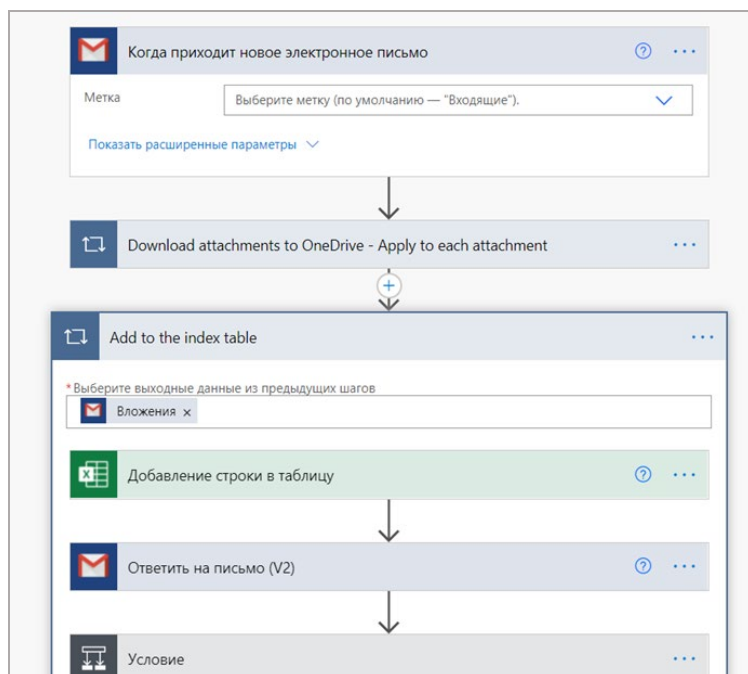


Рис. 1. Фрагмент роботизированного информационного потока управления документами на основе бизнес-правил

Триггером для запуска потока является получение письма, в теле которого содержатся ключевые слова “новый заказ, новый договор”, и содержащие вложения, подлежащие регистрации. Аналогичный поток создается с триггером «поступление заказ через систему ЭДО». Каждое из вложений сохраняется в специальную папку в хранилище. Так как не

все письма могут быть отловлены из потока при помощи искусственного интеллекта, сотрудники также могут вручную сохранить вложения в эту папку, что тоже запустит дальнейший процесс. В таблице учета автоматически создается новая строка, в которую заносятся данные о заказе, в том числе об отправителе, дате получения; письму также присваивается уникальный номер.

На рисунке 2 представлен фрагмент роботизированного информационного потока автоматической регистрации заказа, созданного на основе бизнес-правил с использованием технологии RPA.

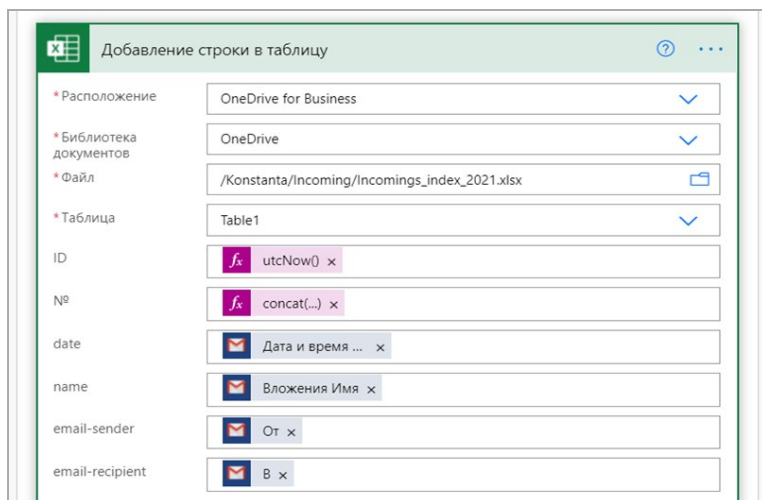


Рис. 2. Фрагмент роботизированного информационного потока автоматической регистрации заказа на основе бизнес-правил

Отдельно разрабатывается поток «Автоматически сгенерированное уведомление о постановке задачи сотруднику» и рассылка сообщения: ответное - о получении заказа, в котором также сообщается его регистрационный номер, и уведомление для сотрудника. В зависимости от тематики письма выбирается ответственный инженер и сотрудник договорного отдела, отвечающий за конкретный проект.

Мониторинг показателей для аналитики входящих заказов выполняется в BI-решении. На рисунке 3 приведен фрагмент интерактивного отчета для аналитики входящих заказов. Например, для ответа на вопрос «Каково число входящих по каждому из получателей?» в отчете используется столбчатая диаграмма, отражающая загруженность каждого из сотрудников, получавших задачи.

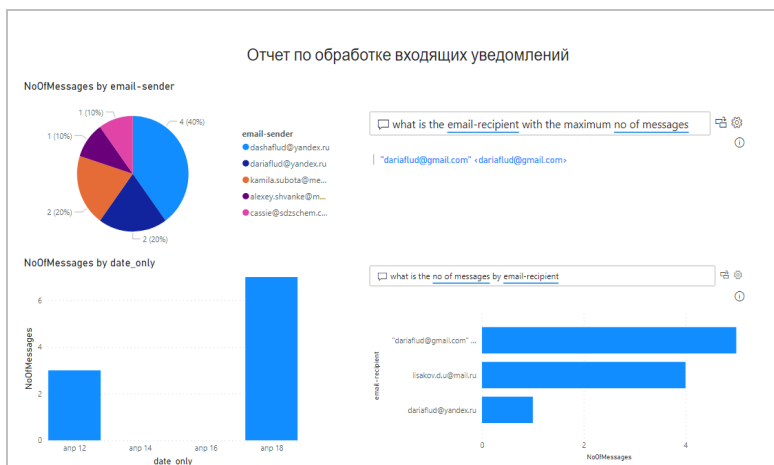


Рис. 3. Фрагмент интерактивного BI-отчета аналитики входящих заявок компании

4. Заключение

BI-решения для бизнес-аналитики и принятия управленческих решений могут эффективнее работать с наборами данными путем увеличения скорости потока и точности данных в источниках при использовании роботов BI. Конвергенция технологий RPA и BI позволяет автоматизировать задачи работы с наборами данных, такие как, сбор данных и размещение их в хранилище, обновление набора данных, анализ отчета, доставка результатов аналитики и другие, что повышает скорость и точность принятия решений, особенно в условиях больших данных.

Список литературы

1. Сквозные технологии в цифровых экосистемах: монография/ В.В. Трофимов [и др.]; отв. ред. В.В. Трофимов, В.М. Минаков. – Санкт-Петербург, СПбГЭУ, 2022. – 171 с.
2. Макаrchук, Т.А. Современные тенденции развития систем поддержки принятия решений в условиях цифровой экономики/ Макаrchук Т.А., Кострицкая Е.Д. // Безопасность: информация, техника, управление: сб. избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ "Нацразвитие" (Санкт-Петербург, 27–31 октября 2019 г.), 2019. – Санкт-Петербург, 2019. – С.208-211.
3. Кошелева, О.Э. Роль интеллектуальных ресурсов России в расширении сферы применения цифровых двойников и ускорении

цифрового прогресса/ Кошелева О.Э., Павлова А.О.// Бюллетень инновационных технологий. – 2022. – Т.6. – № 4(24). – С.29-33.

4. Митрохина Е.А. Возможности применения RPA для автоматизации документооборота// Документы и архивы в условиях цифровой экономики: материалы Междунар. научно-практической конф. (Донецк, 22-23 апреля 2020 г.)– Донецк, 2020. – С. 37-41.

5. Макарчук Т.А. Технологии роботизированной автоматизации задач для совершенствования бизнес-процесса выполнения заказов/ Макарчук Т.А.// Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: материалы VI Всерос. научной конф. с международным участием «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения» (Тольятти, 18-20 апреля 2023 г.). –Тольятти, 2023. – С. 210-215.

Применение цепей Маркова с нечеткими состояниями для оценки и прогнозирования среднего чека

М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Е. В. Рудаков, email: evgenur@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения модели цепей Маркова с нечеткими состояниями для оценки и прогнозирования среднего чека.*

***Ключевые слова:** цепь Маркова, нечеткая логика, нечеткое состояние системы, матрица переходных вероятностей, стационарное состояние системы, временной ряд.*

Введение

При управлении системой, в частности, при принятии решений о целенаправленном изменении состояния или при оценке потенциальных возможностей системы, ключевую роль имеет адекватная оценка текущего состояния системы и прогноз его изменения [1]. При этом, как показывает практика, не всегда можно построить корректные модели, описывающие динамику изменения состояний системы, используя только теорию вероятностей и не прибегая к понятиям теории нечетких множеств [6]. Особенно это касается задач с градацией состояний системы на естественном языке. Сочетание двух типов неопределённости при таком подходе – случайности и нечеткости – может быть смоделировано с помощью однородных цепей Маркова с нечеткими состояниями.

Одной из возможных практических сфер применения рассматриваемого в данной работе подхода является оценка, прогнозирование и управление средним чеком любой бюджетной или коммерческой организации.

1. Средний чек как показатель эффективности продаж

Средний чек – один из важнейших показателей для аналитики маркетинга и продаж. Он представляет собой отношение общей суммы совершенных покупок к их количеству на определенном временном отрезке [3]. Средний чек (AOV – average order value) рассматривается в динамике и показывает результативность маркетинга и успешность

бизнеса в целом. Постоянный мониторинг AOV позволяет оценивать следующие параметры и индикаторы [2]:

- платежеспособность клиентов;
- достаточность широты ассортимента товаров и услуг;
- эффективность организации мерчендайзинга;
- эффективность работы сотрудников отдела продаж;
- динамику и колебания совокупного спроса;
- влияние фактора сезонности на продажи;
- эффективность дополнительных и специальных мероприятий маркетингового отдела организации;
- эффективность применения скидочных систем и программ лояльности.

Таким образом анализ среднего чека организации является важным процессом, позволяющим судить о правильности выбора стратегии развития бизнеса [4].

2. Цепь Меркова для нечетких случайных событий

Величина среднего чека организации с точки зрения теории систем является наблюдаемым признаком состояния системы [5] (организации, в конкретном случае), которое определяет ее поведение (изменение состояний) во времени наряду с внешними воздействиями, обуславливающими случайный характер этих изменений. Если допустить, что процессы изменения дискретных состояний простейшие и рассматриваются в дискретном времени, как в случае определения величины среднего чека в заданном временном отрезке, то адекватным описанием динамики состояний будут дискретные Марковские цепи [1]. Уравнение состояний в этом случае представимо в виде рекуррентной зависимости:

$$p^{t+1} = M^t p^t, t = 0; 1; 2; \dots; p^0 = (1; 0; \dots; 0), \quad (1)$$

где t - дискретное время; $p^t = (p_1^t; \dots; p_s^t)^T$ - вектор, задающий распределение вероятностей нахождения системы в соответствующем состоянии; s - число состояний; $M^t = \|p_{ij}\|$ - стохастическая матрица $s \times s$ вероятностей переходов состояний с элементами p_{ij} , представляющими вероятности перехода системы из состояния i в состояние j . Переход системы из одного состояния в другое называется событием.

Далее, принимая во внимание, что на практике часто удобно вводить градацию состояний наблюдаемой системы на естественном языке с использованием лингвистических переменных («низкая

величина среднего чека», «высокая величина среднего чека»), необходимо установить соответствие между такими состояниями и наблюдаемыми выходными признаками. Как правило, это соответствие является нечетким, т.к. конкретные значения выходных признаков, с определенной долей уверенности, могут относиться к разным градациям состояний системы. Отношения такого типа моделируются методами нечеткой логики и нечетких множеств, которые позволяют осуществить автоматический переход от числовых рядов выходных значений x к нечетким рядам лингвистических переменных, которые можно интерпретировать как состояния, заданные в нечеткой форме [1].

Далее, если $(\tilde{x}_1; \tilde{x}_2 \dots; \tilde{x}_m)$ - это множество нечетких состояний системы, $\tilde{A}_{ij}^e = (\tilde{x}_i^{t-1} \rightarrow \tilde{x}_j^t) | \mu_{ij}$ - элементарное нечеткое событие перехода системы из нечеткого состояния \tilde{x}_i в нечеткое состояние \tilde{x}_j в момент времени t со степенью уверенности μ_{ij} , то вероятность составного нечеткого события \tilde{A}_{ij} , отображающего все однородные переходы $\tilde{x}_i \rightarrow \tilde{x}_j$ с различными значениями функции принадлежности на заданном промежутке временного ряда, будет определяться по формуле Л. Заде следующим образом [1, 7]:

$$P(\tilde{A}_{ij}) = \sum_k p(\tilde{A}_{ij}^e) \mu_{ij}^k. \quad (2)$$

Т.е. как взвешенное среднее вероятностей нечетких элементарных событий, где в качестве весов выступают функции принадлежности переходов из состояния в состояние на заданном промежутке временного ряда [6]. Рассчитанные таким образом вероятности нечетких случайных событий, после выполнения нормировки вида $\forall i \left(P_{ij} = P(\tilde{A}_{ij}) / \sum_j P(\tilde{A}_{ij}) \right)$, могут интерпретироваться как вероятности в стохастической матрице переходов в выражении (1), что позволяет использовать цепи Маркова для моделирования систем с нечеткими состояниями.

3. Статистическая оценка распределения вероятностей нечетких элементарных событий

Оценку распределения вероятностей $p(\tilde{A}_{ij}^e)$ из формулы (2) можно получить, основываясь на понятии статистической вероятности. Однако в практических задачах предсказания состояний системы с помощью цепей Маркова (например, предсказание величины среднего чека) часто нужно понимать какой глубины должны быть выборка значений

временного ряда выходных показателей системы, чтобы статистический расчёт матрицы переходных вероятностей, а, следовательно, и стационарного состояния системы для заданного промежутка времени был математически обоснован.

Проверим экспериментальным методом следующие две гипотезы.

1. Для сходящегося временного ряда выходных показателей, начиная с некоторого временного шага n изменение стационарной точки системы ограничивается заранее заданной сколько угодно малой величиной Δ .

2. Изменение параметров модели временного ряда, например, добавление постоянного управляющего воздействия не нарушает описанную выше гипотезу, но меняет значение стационарной точки.

Пусть временной ряд выходных показателей системы формируется простейшей моделью авторегрессии:

$$x^{t+1} = ax^t + b. \quad (3)$$

Для упрощения допустим, что у нас есть два нечетких состояния \tilde{A}_1 и \tilde{A}_2 , представленные на рис. 1.

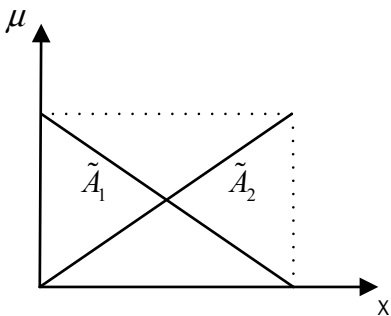


Рис. 1.

Рис. 2. Нечеткие состояния системы

Допустим, что изменение состояний системы описывается дискретной однородной цепью Маркова:

$$\begin{pmatrix} P_{\tilde{A}_1}^{t+1} \\ P_{\tilde{A}_2}^{t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{\tilde{A}_1}^t \\ P_{\tilde{A}_2}^t \end{pmatrix} = M \cdot P^t \quad (4)$$

Значению показателя x^t будем ставить в соответствие взвешенный вектор состояний $\chi(x^t) = (\tilde{A}_1 | \mu_1; \tilde{A}_2 | \mu_2)^T$. Прямое произведение

$\chi(x^{t-1}) \times \chi(x^t)$ в момент времени t в матричной форме будет выглядеть следующим образом:

$$M^t = \begin{pmatrix} (\tilde{A}_1; \tilde{A}_1) \mu'_{11} & (\tilde{A}_1; \tilde{A}_2) \mu'_{12} \\ (\tilde{A}_2; \tilde{A}_1) \mu'_{21} & (\tilde{A}_2; \tilde{A}_2) \mu'_{22} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где $\mu'_{ij} = \min(\mu_i^{t-1}, \mu_j^t)$.

Как было описано выше, вероятность нечеткого события $\tilde{A}_{ij} = (\tilde{A}_i; \tilde{A}_j)$ определяется формулой Л. Заде (2), причем вероятность нечетких элементарных событий в нашем случае на основе статистической вероятности будет определять как $p(\tilde{A}_{ij}^t) = \frac{1}{t}$, где t - номер временного шага. Таким образом, для шага $t=1$ матрица (5) будет равна:

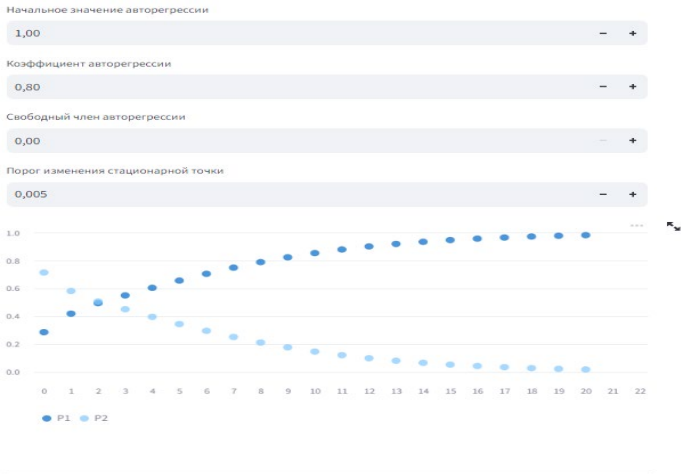
$$M^1 = \begin{pmatrix} p^1(\tilde{A}_{11}) & p^1(\tilde{A}_{12}) \\ p^1(\tilde{A}_{21}) & p^1(\tilde{A}_{22}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_{11}^1 & \mu_{12}^1 \\ \mu_{21}^1 & \mu_{22}^1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Далее, проведя нормировку значений матрицы по строкам можно получить стохастическую матрицу переходных вероятностей

$M^t = \begin{pmatrix} P'_{11} & P'_{12} \\ P'_{21} & P'_{22} \end{pmatrix}$ цепи Маркова и рассчитать для нее стационарную точку $(P_1; P_2)$, решая следующую систему уравнений:

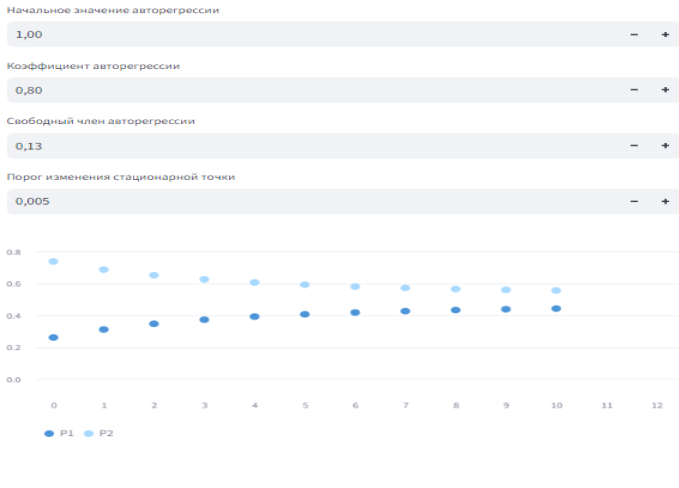
$$\begin{cases} (P'_{11} - 1)P_1 + P'_{12}P_2 = 0; \\ P_1 + P_2 = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Повторяя расчёт для каждого нового временного шага можно оценить смещение стационарной точки системы и показать, что, начиная с определенного шага, ее изменение становится сколь угодно малым. Ниже приведены несколько графиков изменения стационарной точки в зависимости от количества шагов при разных параметрах модели авторегрессии (3).



Стационарная точка: (0.9819,0.0181)

Рис. 3. Сходимость стационарной точки с порогом 0,005 для авторегрессии $x^{t+1} = 0.8x^t$



Стационарная точка: (0.4433,0.5567)

Рис. 4. Сходимость стационарной точки с порогом 0,005 для авторегрессии $x^{t+1} = 0.8x^t + 0.13$

Заключение

В данной работе была описана методика применения Марковских цепей с нечеткими состояниями для прогнозирования состояний системы (вычисления стационарных состояний) в привязке к оценке среднего чека организации как одного из важных показателей эффективности продаж. Так же был продемонстрирован алгоритм математически обоснованного расчёта матрицы переходных вероятностей Марковского процесса на основе понятия статистической вероятности.

Список литературы

1. Матвеев, М.Г. Дискретная однородная цепь Маркова для нечетких состояний / М.Г. Матвеев, Н.А. Алейникова, А.А. Громовский // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. - № 4.
2. Крамарь, А.В. Воронка продаж как инструмент повышения среднего чека и автоматизации бизнес / А.В. Крамарь, П.В. Новиков, А.В. Новикова // Век качества. – 2019. - № 4. – С. 133-143.
3. Средний чек: что это такое и как посчитать [Электронный ресурс]. – Режим доступа.: <https://www.uiscom.ru/blog/aov-chto-echo/>
4. Средний чек: как рассчитать и увеличить. Алгоритм действий [Электронный ресурс]. – Электрон. Журнал «Финансовый директор». – Режим доступа.: <https://www.fd.ru/articles/159236-sredniy-chek-kak-rasschitat-i-uvlichit>
5. Avrachenkov, K.E. Fuzzy Markov Chains and Decision-Making / K.E. Avrachenkov Elie Snachez // Fuzzy Optimization and Decision Making 1(2). – 2002. – P. 143-159. DOI: 10/1023/A:1015729400380.
6. Полещук, О.М. Нечетко-вероятностные пространства и вероятность нечетких событий / О.М. Полещук // Лесной вестник. – 2014. - № 4. – С. 162-169.
7. Zadeh, L.A. Probability measures and fuzzy events / L. Zadeh // J. Math. Anal. Appl. 23. – 1968. – P. 421-427.

Единая цифровая платформа управления сельскохозяйственным производством как основа математической модели оптимизации структуры севооборотов

В. И. Меденников, email: dommed@mail.ru

ФИЦ ИУ РАН

***Аннотация.** В данной работе рассматривается реализация двух основных принципов цифровой экономики: формирование системы управления информационными ресурсами на основе рациональной их интеграции в единое структурированное пространство и переосмысление технологий управления производством на этой основе, приведшая к формированию единой цифровой платформы управления сельским хозяйством. Показано, что такая платформа является базой системы автоматизированного проектирования перспективных севооборотов с единых позиций для всех предприятий отрасли, формирование которых до сих пор осуществляется вручную специальными проектными организациями для каждой организации индивидуально.*

***Ключевые слова:** математическая модель, структура севооборотов, цифровая платформа управления, растениеводство, цифровые технологии.*

Введение

В последнее время сельскохозяйственное производство превращается в одного из активных участников цифровизации экономики в развитых странах с опережающим развитием точного земледелия (ТЗ), основанного на прецизионном производстве, на технологиях дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), геоинформационных систем (ГИС), требующих сочетания значительного количества структурированной информации и соответствующих технологий их обработки, то есть роста функциональных задач и межотраслевых взаимоотношений, модернизации сельскохозяйственной техники, переобучения большого количества исполнителей под новые уровни компетенций. Данные процессы потребовали также учета значительного числа параметров земельных ресурсов с необходимой степенью их оцифровки и интеграции на основе онтологического моделирования.

Цифровые технологии в этом направлении обеспечивают возможность получения данных о состоянии почвы и растений, определять с большой точностью состав и необходимое количество внесения химических средств, проводить мониторинг угодий и применяемых техники и оборудования, решать разнообразные аналитические задачи учета, управления, планирования, финансирования, а также агроэкологической оценки почвы [1, 2, 3].

При этом крайне редко применяются оптимизационные математические модели, тогда как решения принимаются специалистами производителями. В частности, не разработаны модели оптимизации структуры севооборотов (СО), хотя система научно-обоснованных СО – основа всего сельскохозяйственного производства.

В статье дается описание математической модели оптимизации структуры СО, которая должна решаться в цифровой экономике (ЦЭ) с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР), интегрированной в цифровую платформу управления (ЦПУ) сельскохозяйственным производством, онтологически и функционально реализующей задачи аграрного производства с единых научно-обоснованных позиций. Данная ЦПУ соответствует мировым интеграционным тенденциям в части данных и приложений [4, 5].

1. Роль системы автоматизированного проектирования в жизненном цикле разработки, внедрения и эксплуатации севооборотов в рамках ЦПУ

Набирающие оборот интеграционные процессы в части данных и алгоритмов в развитых странах, наряду со значительным совершенствованием цифровых технологий и математических моделей в последние годы дали толчок сначала появлению нового направления в проектировании изделий – систем автоматизированного проектирования (САПР), проявление которых в виде САД-систем Национальным научным фондом США была провозглашена величайшим событием, сравнимым с фактором электрификации планеты [6], а в дальнейшем с развитием цифровой экономики (ЦЭ) к понятию цифровых двойников (ЦД), позволяющих алгоритмически описать основные функции деятельности большинства объектов и предприятий, использующих пересекающиеся данные. В [7, 8] дается концепция формирования ЦД в сельскохозяйственной отрасли. В соответствии с концепцией все этапы разработки, внедрения, эксплуатации СО, определяющих жизненный цикл СО, на предприятиях и в хозяйствах должны происходить в рамках единой цифровой платформы управления (ЦПУ) АПК. Однако, до сих пор в силу сложившегося цифрового разрыва между информационными

ресурсами (ИР) и алгоритмами вся технология формирования и привязки СО к полям основана на ручных методах специальными проектными организациями индивидуально для каждой организации. Указанные выше обстоятельства диктуют необходимость разработки соответствующей САПР, значительно облегчающей процесс подготовки исходных данных по конкретному сельхозпроизводителю. Место САПР в жизненном цикле разработки, внедрения и эксплуатации СО в рамках ЦПУ представлено на рис. 1.

Если в развитых странах интенсифицируются интеграционные процессы в части данных и алгоритмов, для чего создаются специальные центры инновационных разработок, то в России цифровизация отрасли отдана на откуп рынку. В результате такого подхода появилось в сельском хозяйстве огромное число разработанных на основе оригинального проектирования онтологически и функционально несовместимых информационных систем (ИС), что, с учетом большого количества предприятий, ведет к своеобразному цифровому феодализму и к крайне низкой эффективности цифровой трансформации отрасли.

В целях решения данной проблемы в [9] представлена математическая модель формирования единой ЦПУ растениеводством, на основе которой были получены: облачная подплатформа (цифровой стандарт) единой технологической БД растениеводства товарного производства; облачная подплатформа базы знаний в виде реализованных алгоритмов управленческих задач в количестве 240 наименований.

Аналогично, в технологической БД растениеводства 291 показатель из 946 сформированных атрибутов имеет непосредственное отношение к СО, остальные влияют косвенно на СО через такие группы показателей, как посевы (38), культуры (108), атмосферно-климатические условия (111) и пр.

Заметим, что решения большинства задач управления из базы знаний опираются на формирование рациональных СО, которые, в конечном счете, являются основой интеграции всех основных цифровых технологий в отрасли, составляющих суть ТЗ. При этом под СО понимается научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и паров, как во временном измерении (по годам), так и в пространственном в виде размещения их на полях.

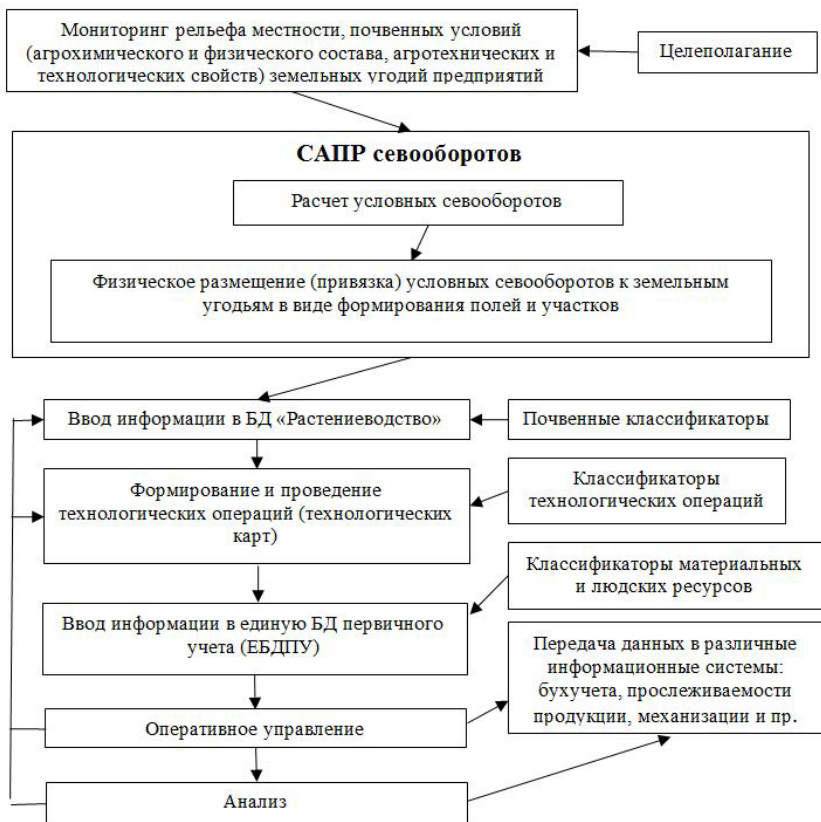


Рис. 1. Место, занимаемое САПР СО в жизненном цикле разработки, внедрения и эксплуатации их в рамках ЦПУ

СО в производстве растениеводческой продукции влияют на все технологические процессы. Они определяют технологии обработки почвы, ухода за посевами, способы защитных мероприятий от эрозии земли, структура и объемы вносимых удобрений и средств защиты растений, применяемую технику, машины и оборудование, рациональное размещение производственных подразделений и складских помещений. СО влияют также на эффективность всех технологических операций сельскохозяйственного производства, в частности, на эффективность использования основного ресурса – землю. А это приводит, в свою очередь, к сокращению финансовых,

трудовых и прочих затрат, улучшает биоклиматические показатели, качество питательных и защитных средств для растений.

2. Моделирование оптимальной структуры севооборотов

В данном разделе рассмотрим лишь наиболее важный элемент будущей САПР СО – математическую модель оптимизации структуры СО. С учетом вышеперечисленных аргументов ставится задача определить такую оптимальную структуру СО предприятия на некоторую перспективу, которая бы позволила получить максимальную прибыль при формировании эффективной системы интеграции материальных, трудовых, финансовых ресурсов с учетом технологических особенностей основного производства и обеспечения конкурентоспособности своей продукции. Чтобы не увязнуть в тонкостях многоотраслевого производства, исключим детальное описание сопряженных с растениеводством некоторых отраслей, таких, как животноводство, переработка с фиксацией потребностей лишь в отдельных группах кормов животноводства, участвующих в СО на пашне, и переносом потребностей переработки в общий спрос на продукцию растениеводства в условиях рыночных цен. Тогда из описания модели исключим производство кормов на природных пастбищах и сенокосах. Будем считать, что каждая культура в хозяйстве выращивается по одной технологии. Инвестиции не будем учитывать в силу сложности расчетов интегральных характеристик их в виде прибавки урожайности культур. После чего перейдем к описанию основных блоков модели, давая комментарии по ходу описания:

m – номер агроэкологической группы земель предприятия, $m \in M$;

n_m – номер СО, входящий в m -ю агроэкологическую группу $n_m \in N^m$;

J – номер культуры, $j \in J^{nm}$, где J^{nm} – множество культур в СО n_m ;

y_{jnm}^1 – планируемая урожайность j -й культуры, выращиваемой в n_m -м СО на пашне m -й агроэкологической группы;

x_{nm} – земли (искомая переменная), выделяемые под n_m -й СО;

T_{nm} – величина ротации СО n_m ;

s_m – площадь пахотных земель m -й агроэкологической группы;

st_{jnm}^1 – затраты сельскохозяйственной техники в нормо-часах на единицу площади на выращивание j -й культуры в n_m -м СО на пашне;

r_{jnm}^1 – затраты труда в человеко-часах на единицу площади на выращивание j -й культуры в n_m -м СО на пашне;

JK_1 – группа культур, из которых получают концентрированные корма;

JK_2 – группа культур, из которых получают грубые корма;

JK_3 – группа культур, из которых получают зеленые корма;

JK_4 – группа культур, из которых получают сочные корма;

YJK_1 – заказ на объем культур, из которых получают концентрированные корма;

YJK_2 – заказ на объем культур, из которых получают грубые корма;

YJK_3 – заказ на объем культур, из которых получают зеленые корма;

YJK_4 – заказ на объем культур, из которых получают сочные корма.

Уравнения и ограничения

Сделаем еще ряд допущений для упрощения модели. Во-первых, будем считать, что культуры однократно входят в СО. В противном случае для расчета годового валового сбора j -й культуры на пашне y_j^2 можно применить следующий прием – суммируем урожайности j -й культуры y_{jnm}^1 по количеству раз вхождений культуры в СО. Тогда под y_{jnm}^1 будем понимать найденную сумму. В этом случае будет справедливо выражение

$$y_j^2 = \sum_{nm} y_{jnm}^1 x_{nm} / T_{nm}, \quad (1)$$

где y_j^2 – валовой сбор j -й культуры на пашне за год.

Ограничения на площади севооборотов

$$x_{nm}^0 \leq x_{nm} \leq x_{nm}^1 \text{ и } \sum_n x_{nm} \leq s_m. \quad (2)$$

Ограничения на трудовые ресурсы в растениеводстве

$$\sum_{jnm} r_{jnm}^1 x_{nm} / T_{nm} \leq R^1, \quad (3)$$

где R^1 – трудовые ресурсы в отрасли.

Ограничения на сельскохозяйственную технику в растениеводстве

$$\sum_{jnm} st_{jnm}^1 x_{nm} / T_{nm} \leq ST^1, \quad (4)$$

где ST^1 – количество сельскохозяйственной техники на предприятии в нормо-часах.

Производственные финансовые затраты в растениеводстве F^1 состоят из материальных затрат $\sum_{jnm} c_{jnm}^1 x_{nm} / T_{nm}$, затрат на содержание сельскохозяйственной техники $\sum_{jnm} cst_{jnm}^1 x_{nm} / T_{nm}$, затрат на оплату труда $\sum_{jnm} cr_{jnm}^1 x_{nm} / T_{nm}$, где c_{jnm}^1 , cst_{jnm}^1 , cr_{jnm}^1 , – соответствующие стоимостные показатели на гектар.

Тогда получим ограничения на финансы

$$F^1 \leq F^0 + SF, \quad (5)$$

где F^0 – собственные средства, SF – заемные средства при их ограничениях $SF \leq SF^T$, связанных с возможностями рынка заимствований.

Критерий эффективности

В качестве критерия эффективности возьмем максимизацию прибыли

$$W^T = \sum_j p_j^1 y_j^3 - (F^1 + TI * SF), \quad (6)$$

где $y_j^3 = y_j^2 - \sum_j y_j^2 (j \in JK_1) - \sum_j y_j^2 (j \in JK_2) - \sum_j y_j^2 (j \in JK_3) - \sum_j y_j^2 (j \in JK_4)$, TI – коэффициент, отражающий стоимость заемных средств, p_j^1 – прогноз цен на реализацию j -й продукции растениеводства. Очевидно, что здесь должны выполняться соотношения:

$$YJK_1 = \sum_j y_j^2 (j \in JK_1), \quad YJK_2 = \sum_j y_j^2 (j \in JK_2), \quad YJK_3 = \sum_j y_j^2 (j \in JK_3), \quad YJK_4 = \sum_j y_j^2 (j \in JK_4).$$

Для дальнейшего упрощения модели примем предположение, что заказ на указанные корма будут выполняться по рыночным ценам, тогда будет верно выражение

$$y_j^3 = y_j^2.$$

В силу исключения инвестиционной составляющей выражение (6) примет вид

$$W^T = \sum_j p_j^1 y_j^2 - F^1. \quad (7)$$

Для того, чтобы после получения условной оптимальной структуры СО не осуществлять географическую привязку ее к конкретным земельным площадям с учетом предшествующей структуры СО, будем считать, что СО считаются для вновь созданного предприятия. А для того, чтобы колебания урожаев культур по годам было в некоторых допустимых пределах, начальные чередования всех СО определим в имитационном режиме, подгоняя начала первых культур в СО. Если этого не удастся получить, данные ограничения выполним варьированием границ полей СО $x_{nm}^0 \leq x_{nm} \leq x_{nm}^1$ и $\sum_n x_{nm} \leq s_m$.

Модель была опробована на одном из предприятий Краснодарского края южно-предгорной зоны, имеющем 7725 га пашни с двумя группами земель (Горная и Майкопская), для каждой из которых рекомендовано по два СО. Поскольку, как отмечалось выше, в России повсеместно происходит нарушение эксплуатации СО, то это влечет за собой и недостаточный учет и технологических операций, произведенных на землях. Из-за чего у нас возникли большие проблемы со сбором необходимых исходных данных даже для значительно упрощенной модели для высокоразвитого сельского хозяйства Краснодарского края. Пришлось статистическими методами на основе данных других хозяйств восстанавливать их. Исследования показали, что в настоящее время в сельском хозяйстве свыше 85% данных хранятся либо на бумаге, либо в Excel, а зачастую, вообще отсутствуют.

Заключение

Разработана математическая модель оптимизации структуры СО в сельском хозяйстве, отвечающей основным принципам цифровой трансформации производства: формирование системы управления информационными ресурсами на основе рациональной их интеграции в некое единое структурированное пространство и переосмысление технологий управления производством. Реализация этих принципов представлена в виде единой цифровой платформы управления сельскохозяйственным производством. В этом случае для привязки найденных СО к организационно-производственной структуре хозяйства, размещению внутрихозяйственных производственных подразделений, новым показателям качества земель, логистике, а также однозначной идентификации каждой единицы информации из множества данных, входящих в группу «Земля» БД растениеводства,

должны быть единые классификаторы по земельным ресурсам: классификатор показателей почвы, классификатор почвенных зон и провинций, классификатор почв России, классификатор запрещающих условий использования земельного участка, классификатор крутизны склонов, классификатор экспозиции склонов, классификатор видов склонов, классификатор форм рельефа, классификатор частей склонов, классификатор типов и степени эродированности почв, классификатор степени каменистости почв, классификатор разновидности почв по механическому составу. Перечень указанных информационных моделей и классификаторов земельных ресурсов является базой интеграции всех основных цифровых технологий в сельском хозяйстве, а сформированные СО являются основанием решения всех задач, составляющих суть ТЗ.

Список литературы

1. Arun Kumar, K.C. Integrated drought monitoring index: A tool to monitor agricultural drought by using time-series datasets of space-based Earth observation satellites / K. C. Arun Kumar [and others] // *Advances in Space Research*. – 2021. – 67(1). – P. 298-315.
2. Boori, M.S. Crop growth monitoring through Sentinel and Landsat data based NDVI time-series / M.S. Boori, K. Choudhary, A.V. Kupriyanov // *Computer Optics*. – 2020. – 44(3). – P. 409-419.
3. Budzko, V. Mathematical modeling of evaluating the effectiveness of using RSD data in precision farming / V. Budzko, V. Medennikov // In: 11th, Natal, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte. – 2020. – P. 122-129.
4. Milgrom, P. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization / P. Milgrom, J. Roberts // *American Economic Review*. – 1990. – Vol. 80. – № 3. – P. 511–528.
5. Меденников, В. И. Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России / В. И. Меденников, А. Н. Райков // Тенденции развития Интернет и цифровой экономики : труды III Всерос. научно-практической конф. (Симферополь- Алушта, 4-6 июня 2020 г.) – Симферополь, 2020. – С. 57-62.
6. Боровков, А. И. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК / А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин, В. М. Марусева, В. Ю. Кулемин // *Оборонная техника*. – 2018. – № 1. – С. 6-23.
7. Экономические и управленческие проблемы землеустройства и землепользования в регионе / Н. А. Алексева [и др.] – Ижевск: Шелест, 2022. – 244 с.

8. Меденников, В. И. Необходимость формирования единого цифрового двойника сельскохозяйственного предприятия / В. И. Меденников // Землеустройство, экономика и управление в агропромышленном комплексе в период глобальных вызовов : материалы V Всерос. научно-практической конф. (Ижевск, 01 марта 2023 г.) – Ижевск, 2023 – С. 236-243.

9. Меденников, В. И. Математическая модель формирования цифровых платформ управления экономикой страны / В. И. Меденников // Цифровая экономика. – 2019. – №1(5). – С. 25-35.

Модель определения состава курсов обучения по нескольким направлениям

В. В. Меньших, email: menshikh@list.ru
А. В. Лихобаба, email: podolskihanna@mail.ru

Воронежский институт МВД России

***Аннотация.** Рассматривается задача моделирования процесса группового обучения специалистов различного профиля. При этом часть компетенций у специалистов может совпадать, что позволяет совмещать курсы их обучения. Указанная задача решается в условиях ограничений образовательной организации, заключающихся в лимитировании количества обучающихся по каждому курсу. Для решения задачи осуществлена её формализация и описана математическая модель. Приведён численный пример.*

***Ключевые слова:** моделирование процесса обучения, групповое обучение специалистов разных профилей, направления обучения, чрезвычайное обстоятельство, курсы обучения, компетенции, оптимальное расписание.*

Введение

В современных условиях остаётся высокой опасность возникновения различного вида чрезвычайных обстоятельств (ЧО), которые часто носят уникальный характер [1-3]. Это приводит к большому разнообразию подходов к их предотвращению и/или устранению последствий, а, следовательно, подготовки сил и выбора средств решения указанной задачи. Следствием этого является необходимость гибкой системы подготовки и переподготовки специалистов – сотрудников силовых ведомств, медицинских работников, спасателей, лиц, ответственных за управление в кризисных ситуациях и т.п., при которой учитывались бы особенности конкретных ЧО. Эффективность обучения повышается, если одновременно осуществляется подготовка группы специалистов, включающих специалистов различных профилей, например, бригады медицинских работников [4]. При этом часть компетенций, получаемых в процессе обучения специалистов, может быть одинаковой, в то время как остальные компетенции отражают их специализацию. Организация процесса обучения, при которой совмещается процесс получения общих компетенций специалистами разного профиля, позволяет сократить

время обучения всех специалистов группы. При этом необходимо учитывать ресурсы организации, осуществляющей обучение [5].

В связи с этим возникает необходимость оптимизации выбора траектории обучения специалистов, которая позволит минимизировать время подготовки всей группы с учётом имеющихся ресурсов. Решение данной задачи может быть получено с использованием методов математического моделирования, чему посвящена данная работа.

1. Формализация задачи

Для моделирования процесса группового обучения множества специалистов

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_{|S|}\}$$

в указанной ситуации необходимо определить:

направления подготовки специалистов, входящих в данную группу

$$N = \{n_1, n_2, \dots, n_{|N|}\};$$

количество специалистов в группе $|S|$ и по каждому направлению

$$\{|n_1|, |n_2|, \dots, |n_{|N|}|\}.$$

Все специалисты должны быть распределены по направлениям подготовки, т. е.

$$S = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_{|N|},$$

где $S_i \subseteq S$ - множество специалистов, обучающихся по направлению n_i , т.е. $|S_i| = |n_i|$ и $|n_1| + |n_2| + \dots + |n_{|N|} = |S|$.

Каждое направление характеризуется составом компетенций, которыми должны обладать специалисты после окончания обучения.

Обозначим

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_{|Q|}\}$ - состав компетенций, необходимых

специалистам всех направлений;

$G = (Q, E)$ - граф, описывающий причинно-следственные отношения между компетенциями;

$$\vartheta_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{если компетенция } q_j \text{ необходима для специалиста,} \\ & \text{обучающегося по направлению } n_k; \\ 0, & \text{если иначе;} \end{cases}$$

$\vartheta_i = (\vartheta_{i1}, \vartheta_{i2}, \dots, \vartheta_{i|Q|})$ - вектор, описывающий состав компетенций, которыми должен обладать специалист после обучения по направлению n_i .

Указанные компетенции специалисты получают в результате прохождения определённых учебных курсов, в которых учитываются причинно-следственные отношения между компетенциями. Состав курсов и количество одновременно обучающихся по ним определяются с учётом возможностей образовательной организации.

Обозначим

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_{|K|}\}$ - состав курсов в образовательной организации;

$\omega_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если специалист } s_i \text{ обучается по направлению } n_k; \\ 0, & \text{если иначе.} \end{cases}$

Каждый курс k_i может быть охарактеризован:

κ_i^{in} - вектором компетенций, необходимых для начала обучения по курсу;

κ_i^{out} - вектором компетенций, которыми обладает специалист по окончании курса;

α_i - количеством одновременно обучаемых специалистов по данному курсу.

Это можно записать как:

$$\kappa_i : \kappa_i^{in} \rightarrow \kappa_i^{out} \quad (1)$$

Для реализации процесса обучения по каждому направлению может осуществляться по нескольким вариантам различающихся по составу и/или последовательности прохождения курсов с учетом ограничений по количеству одновременно обучающихся по ним.

Пусть направление n_i может быть реализовано множеством вариантов прохождения курсов

$$\{\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{is_i}\},$$

где s_i - количество вариантов прохождения курсов для реализации направлений обучения n_i .

Каждый вариант λ_{ij} может быть описан последовательностью курсов:

$$(k_{ij1}, k_{ij2}, \dots, k_{ijj_i}) \quad (2)$$

где l_{ij} – количество курсов в последовательности.

Корректность последовательности курсов (2) определяется соотношениями:

$$\begin{aligned} \kappa_{ij1}^{in} &= (0, 0, \dots, 0); \\ \forall_k = 1, \dots, l-1 \quad \kappa_{ijk+1}^{in} &\geq \kappa_{ijk}^{out} \\ \kappa_{ijij} &\geq \vartheta_i. \end{aligned}$$

Каждый курс k_i характеризуется временем t_i его прохождения.

Поэтому время прохождения всех курсов по варианту

$$\lambda_{ij} \text{ определяется выражением } \sum_{k=1}^{l_{ij}} t_{ijk}.$$

Задача заключается в выборе таких вариантов прохождения курсов по каждому направлению, чтобы минимизировать суммарное время обучения всех специалистов группы.

Будем считать, что задача состоит в подготовке

2. Численный пример

Пусть $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_6\}$ граф причинно-следственных отношений имеет вид, изображённый на рис. 1:

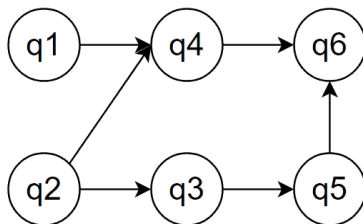


Рис. 1. Граф причинно-следственных отношений

Будем считать, что задача состоит в подготовке специалистов

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_7\}$ по направлениям множества $N = \{n_1, n_2, n_3\}$ таких, что

$$|n_1| = 2, |n_2| = 4, |n_3| = 1 \text{ и}$$

$$\vartheta_1 = (1, 1, 1, 1, 0, 0);$$

$$\vartheta_2 = (1, 1, 1, 0, 1, 0);$$

$$\vartheta_3 = (1, 1, 1, 1, 1, 1).$$

Образовательная организация осуществляет подготовку по курсам $\{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5\}$, которые по формуле (1) могут быть охарактеризованы следующим образом:

$$k_1 : (0, 0, 0, 0, 0, 0) \rightarrow (1, 0, 0, 0, 0, 0);$$

$$k_2 : (0, 0, 0, 0, 0, 0) \rightarrow (0, 1, 0, 0, 0, 0);$$

$$k_3 : (1, 1, 0, 0, 0, 0) \rightarrow (1, 1, 1, 1, 0, 0);$$

$$k_4 : (0, 1, 0, 0, 0, 0) \rightarrow (0, 1, 1, 0, 1, 0);$$

$$k_5 : (1, 1, 1, 1, 0, 0) \rightarrow (1, 1, 1, 1, 1, 1);$$

Имеем

$$n_{11} : k_1 k_2 k_3;$$

$$n_{12} : k_2 k_1 k_3;$$

$$n_{13} : k_2 k_4 k_1 k_3;$$

$$n_{21} : k_2 k_4 k_1;$$

$$n_{22} : k_1 k_2 k_4;$$

$$n_{23} : k_1 k_2 k_3 k_4;$$

$$n_{24} : k_2 k_1 k_3 k_4;$$

$$n_{31} : k_2 k_1 k_3 k_5;$$

$$n_{32} : k_1 k_2 k_3 k_5;$$

$$n_{33} : k_2 k_4 k_1 k_3 k_5;$$

В результате, получаем расписание представленное на рис. 2.:

s					
7	k1	k2	k3	k5	
6	k2	k1	k3	k4	
5	k1	k2	k3	k4	
4		k2	k4	k1	
3	k2	k4	k1		
2	k2		k1	k3	
1		k1	k2	k3	
	1	2	3	4	t

Рис. 2. Расписание траекторий обучение специалистов

Заключение

В дальнейшем, используя полученные результаты, может быть разработан численный метод, позволяющий составлять расписание для специалистов, которые должны пройти обучение за короткий срок, чтобы при возникновении ЧО они смогли быстро и четко справиться с поставленными задачами. Несмотря на то, что специалисты разного профиля подготовки, разработанный метод позволит обучить большое количество специалистов за максимально короткий промежуток времени, на сколько это возможно. Организации, готовящие таких специалистов, могут определить какие направления подготовки нужно расширить, а какие сгруппировать таким образом, чтобы можно было увеличить количество получаемых компетенций [9].

Список литературы

1. Снеговой, А. В. О некоторых подходах к определению понятия чрезвычайные обстоятельства и их видов / А. В. Снеговой // Труды Академии управления МВД России. – 2012. – № 4(24). – С. 38-42.
2. Меньших, В. В. Математическая модель оптимизации траектории обучения сотрудников органов внутренних дел действиями при чрезвычайных обстоятельствах / В. В. Меньших, Е. Н. Серeda // Вестник Воронежского института МВД России. – 2015. – № 3. – С. 36-44.
3. Меньших, В. В. Разработка модели распознавания чрезвычайной ситуации в условиях частичной неопределённости информации / В. В. Меньших, Е. Н. Серeda // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – №4. – С. 107-114.
4. Лихобабина, А. В. Обоснование выбора генетического алгоритма для оптимизации распределения программ подготовки специалистов / А. В. Лихобабина // Актуальные проблемы деятельности подразделений уголовно-исполнительной системы : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 19 октября 2023 года. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России., 2023. – С. 356-359.
5. Меньших, В. В. Описание генетического алгоритма для оптимизации выбора программы подготовки специалистов / В. В. Меньших, А. В. Лихобабина // Актуальные проблемы деятельности подразделений уголовно-исполнительной системы : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 19 октября 2023 года. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России., 2023. – С. 362-365.

6. Подольских, А. В. Модель-ситуация как педагогический приём, используемый для улучшения навыков применения физической силы, специальных средств и огнестрельного оружия / А. В. Подольских // Преступность в СНГ: проблемы предупреждения и раскрытия преступлений : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Воронеж, 20 мая 2021 года. Том Часть 2. – Воронеж: Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2021. – С. 352-353.

7. Меньших, В. В. Использование графовой модели для решения общей задачи теории расписаний / В. В. Меньших, Е. Ю. Никулина // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2009. – № 5. – С. 041-043.

8. Меньших, В. В. Модель формирования групп для ролевого обучения принятию управленческих решений / В. В. Меньших, А. Ф. Самороковский, Е. Н. Середа // Вестник Воронежского института МВД России. – 2015. – № 2. – С. 107-114.

9. Меньших, В. В. Концептуальная модель автоматизированной интеллектуальной системы обучения сотрудников органов внутренних дел действиям в чрезвычайных ситуациях / В. В. Меньших, Е. Н. Середа // Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов: Сборник трудов XXIII Всероссийской конференции. – М.: Академия управления МВД России, 2014. – С. 244-246.

Разработка программного продукта для автоматизации формирования отчетных документов аналитика Центрального Федерального Округа компании ООО «Партнер»

И. Д. Наумова, email: naumova_i_d@sc.vsu.ru
Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной статье предложена реализация программного продукта для автоматизации рутинной работы по формированию отчетных документов аналитика Центрального Федерального Округа в компании ООО “Партнер”.*

***Ключевые слова:** электронные документы, отчет, бизнес-процесс, производительность, автоматизация рутинных задач, прикладная задача.*

Введение

В работу аналитика, в частности, входит формирование большего количества отчетных документов. Эти документы представляют собой различные сводные Excel таблицы. Данные, необходимые для формирования хотя бы одного такого отчета обычно представлены в нескольких других таблицах Excel и выбираются аналитиком вручную. Как отчетные, так и рабочие документы всегда имеют четкую структуру, заданную аналитиком. Таким образом, работа состоит в том, чтобы находить информацию в одних таблицах и корректно подставлять в другие. Проверка корректности может осуществляться с помощью простейших формул Excel внутри самого отчетного документа.

Данная работа является рутинной, и, кроме того, что человек может допускать ошибки при ее выполнении, требует очень много рабочего времени. Поэтому ее автоматизация является актуальной и важной задачей, как показано в [1-4].

Помимо упомянутых преимуществ автоматизации, связанных с экономией ресурсов и снижением ошибок, есть и другие важные причины ее внедрения.

Автоматизация позволяет улучшить эффективность бизнес-процессов и повысить производительность. Так как автоматизированные системы способны выполнять многократные и повторяющиеся задачи быстрее и более точно, чем человек, как показано в [5-10].

Автоматизированные системы обработки информации позволяют эффективно управлять большим объемом данных.

И наконец, автоматизация позволяет легко адаптироваться к изменениям в бизнес-процессах и требованиях, так как системы могут быть легко настроены и модифицированы. Это преимущество особенно важно в контексте компании, так как она является развивающейся и периодически происходят изменения и дополнения в формах отчетности.

Говоря о программном продукте, созданном специально для конкретной должности, следует упомянуть о таких преимуществах как адаптивность к уникальным потребностям. Это позволяет максимально учесть особенности бизнес-процессов и требований организации, что может быть сложно достичь при использовании общедоступных решений, а также предотвратить появление лишней функциональности, которая часто присутствует в стандартных решениях.

Использование такого программного обеспечения, разработанного для компании, позволяет уменьшить зависимость от сторонних поставщиков и продуктов. Так компания может не только лучше контролировать, но и обеспечивать безопасность своих данных и бизнес-процессов, что особенно важно в чувствительных сферах бизнеса.

Так, автоматизация играет ключевую роль в современном бизнесе, обеспечивая повышение эффективности и конкурентоспособности компании.

1. Постановка задачи

К описываемому в статье программному комплексу для автоматизации формирования отчетных документов были выдвинуты следующие функциональные требования:

- Чтение данных из указанных пользователем рабочих таблиц Excel;
- Обработка, если необходимо, полученных данных;
- Генерация отчетной таблицы Excel в указанной форме, на основе информации, полученной из рабочих таблиц;
- Проверка, если необходимо, корректности полученных в отчете итоговых значений.

2. Средства реализации программного продукта

Проект реализуется посредством чтения таблиц Excel и формирования на основе данных из них и заданного шаблона отчетных таблиц Excel.

Проект реализован с использованием следующего языка программирования:

– Python 3.11. Интерпретируемый, объектно-ориентированный язык программирования высокого уровня с динамической семантикой. Его высокоуровневые встроенные структуры данных в сочетании с динамической типизацией и динамической привязкой делают его очень привлекательным для быстрой разработки приложений, а также для использования в качестве языка сценариев или связующего языка для соединения существующих компонентов вместе.

Для реализации проекта было использовано следующее программное обеспечение:

– PyCharm Professional. Интегрированная среда разработки (IDE), используемая для программирования на Python. Она обеспечивает анализ кода, графический отладчик, интегрированный модульный тестер, интеграцию с системами контроля версий и поддерживает веб-разработку с помощью Django.

3. Реализация логики программного продукта

Программное обеспечение условно может быть разделено на три модуля. Первый модуль читает данные из документа Excel, второй модуль обрабатывает считанные данные, если это необходимо, третий модуль формирует итоговый отчетный документ Excel.

Программное обеспечение предназначено для чтения и формирования документов с различной структурой. Поэтому для каждого вида документа реализован класс читатель. Классы читатели реализуют интерфейс читателя, а также содержат специфичные методы и функции. Читатель для входного документа выбирается на основе указанного пользователем типа формируемого отчета.

В зависимости от типа формируемого отчета, данные, выбираемые из файла, могут подвергаться соответствующей обработке информации.

Поиск и выбор необходимой информации осуществляется в цикле или последовательно на основе специально заданных в алгоритме критериев.

Для каждого типа формируемых табличных отчетов есть класс-писатель. Он также определяется на основе указанного пользователем типа отчета. Каждый класс писатель реализует интерфейс писателя и дополнительные методы и функции. Также для формируемого документа производится, если необходимо, проверка корректности итоговых значений.

По окончании формирования отчетного документа пользователь может выбрать место сохранения и имя файла.

Программное обеспечение имеет масштабируемую архитектуру. Как показывает практика, периодически, к работе аналитика добавляются новые формы отчетности, а именно, поступает фиксированная форма Excel таблицы, которую теперь необходимо формировать на основе старых данных. Тогда предполагается добавление нового класса-писателя, реализующего интерфейс писателя.

И наоборот, при добавлении нового формата входного документа, предполагается реализация нового класса читателя, реализующего интерфейс читателя.

Заключение

В данной статье была рассмотрена реализация программного обеспечения для автоматизации формирования отчетных документов аналитика компании ООО «Партнер». В будущем планируется расширение функциональности данного программного продукта. Например, возможность выбора дополнительных опций при формировании отчетных документов, а также их форматирование.

Список литературы

1. Претков, А. И. Автоматизации формирования документов основных профессиональных образовательных программ высшего образования факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета / А. И. Претков, Е. А. Копытина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2023. – С. 94-107. – EDN НКХМIS.

2. Информационные технологии в экономике и управлении: Учебное пособие / Ю. П. Александровская, Н. К. Филиппова, Г. А. Гадельшина, И. С. Владимирова. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. – 112 с. – ISBN 978-5-7882-1707-9. – EDN ZFZKJF.

3. Зобнин, Ю. А. Разработка и внедрение автоматизированных информационных систем на предприятии / Ю. А. Зобнин, А. С. Еропкина, О. В. Рындина. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2021. – 148 с. – ISBN 978-5-9961-2750-4. – EDN CHNGAD.

4. Копытина, Е. А. Разработка веб-сервиса для формирования горячего коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» / Е. А. Копытина, Ф. А. Десятириков, А. В. Копытин // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, 10–12 февраля 2022 года / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж:

Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2022. – С. 990-996. – EDN SXFFFI.

5. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131.

6. Копытина, Е. А. Табличные процессоры. Повышенный уровень / Е. А. Копытина // Опорный образовательный центр : Учебное пособие: сборник кейсов за 2021 год по развитию цифровых компетенций обучающихся по программам среднего профессионального и высшего образования. Том 2. – Казань : Автономная некоммерческая организация высшего образования "Университет Иннополис", 2021. – С. 100-102. – EDN QUKCQP.

7. Моделирование бизнес-процессов. Том Часть 2. – Апатиты : Кольский филиал Петрозаводского государственного университета, 2015. – 130 с. – EDN VQSMGV.

8. Иванова, М. А. Пути автоматизации бизнес-процессов отечественных компаний как фактор стратегического управления / М. А. Иванова, К. С. Магыцина, А. В. Колесников // Перспективные треки использования цифровых технологий и инноваций в практике корпоративного управления : Сборник научных статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции "Инновации в управлении социально-экономическими системами" (RCIMSS-2023), Москва, 30 марта 2023 года. Том 14. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2023. – С. 191-194. – EDN WPSPQH.

9. Свистунов, В. М. Актуальные тренды автоматизации бизнес-процессов в отечественных компаниях / В. М. Свистунов, В. В. Лобачев // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. – 2022. – Т. 11, № 2. – С. 72-76. – DOI 10.12737/2305-7807-2022-11-2-72-76. – EDN ХНСРОІ.

10. Ковалева, И. А. Управление человеческими ресурсами через призму глобальных трансформационных изменений / И. А. Ковалева, А. А. Канке, А. И. Мозговой // Вестник МГПУ. Серия: Экономика. – 2021. – № 1(27). – С. 71-86. – DOI 10.25688/2312-6647.2021.27.1.6. – EDN ZWMMQX.

Разработка системы управления контентом на базе телеграм-бота для малого бизнеса

А. А. Пустовалов, email: simplyartempust@gmail.com

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной статье предложена реализация части программного комплекса по созданию, редактированию и управлению содержимым с использованием технологии «ботов», которую предоставляет мессенджер «Telegram».*

***Ключевые слова:** система управления контентом, автоматизация рутинных задач, прикладная задача, бот, интеграция с «Telegram», программный комплекс.*

Введение

В условиях быстрого развития информационных технологий и постоянно изменяющейся бизнес-среды малым предприятиям требуется эффективный и прогрессивный подход к управлению контентом, как показано в [1-4]. В данной статье представляется новаторская разработка — система управления контентом на базе телеграм-бота, предназначенная для оптимизации процессов создания, редактирования и управления информацией. Этот подход является ответом на вызовы современного бизнеса, где скорость принятия решений и оперативная обработка данных становятся ключевыми факторами успеха.

Современные технологии, особенно в области мессенджеров, активно интегрируются в бизнес-процессы, предоставляя новые возможности для автоматизации рутинных задач. Мессенджер «Telegram», с его мощным API и широкими функциональными возможностями, становится платформой выбора для создания инновационных приложений, таких как боты, способные значительно улучшить управление информацией на малых предприятиях.

Цель представленной работы — предложить концепцию и реализацию программного комплекса, который не только обеспечивает возможности создания и редактирования контента, но и интегрируется в повседневные коммуникационные процессы бизнес-среды через мессенджер «Telegram». Это предоставляет бизнесу гибкость и мобильность в управлении информацией, сокращая временные затраты на выполнение задач и повышая общую эффективность процессов.

1. Постановка задачи

К описываемой в статье системе управления контентом, основанной на технологии телеграм-ботов были выдвинуты следующие функциональные требования:

- Разработка механизмов для возможности создания и редактирования информации через телеграм-бот, обеспечивая гибкость и оперативность процессов;
- Обеспечение совместимости с уже действующими информационными платформами с целью эффективного управления контентом;
- Разработка механизмов интеграции телеграм-бота в повседневные коммуникационные процессы бизнеса для сокращения временных затрат на выполнение задач;
- Реализация мер безопасности для защиты конфиденциальности информации, передаваемой и обрабатываемой в системе;
- Использование современных технологий, таких как JavaScript, TypeScript, NestJS, Strapi и Telegraf, для создания стабильной, масштабируемой и устойчивой системы;
- Реализация функционала, направленного на повышение оперативности и эффективности управления информацией в условиях быстро меняющейся бизнес-среды.

2. Средства реализации системы

Проект реализуется посредством управления содержимым уже созданной системы, например, интернет-магазина через телеграм-бот. Используя API, предоставляемое мессенджером «Телеграм» администратор прямо из мессенджера может создавать, редактировать и обновлять карточки товаров.

В процессе работы были использованы следующие технологии:

- JavaScript (JS). Язык программирования, который выполняется внутри браузера и позволяет внедрять различные функции на стороне клиента [5];
- TypeScript (TS). Язык программирования, представленный Microsoft и позиционируемый как средство разработки веб-приложений, расширяющее возможности JavaScript. TypeScript предлагает статическую типизацию, что позволяет выявить и предотвратить ошибки типизации на этапе разработки. Язык был выбран, чтобы создать более надежный код, уменьшить количество ошибок и упростить сопровождение и масштабирование системы [5];
- NestJS. NestJS – это платформа для создания серверных приложений на Node.js. Сам фреймворк построен с использованием TypeScript и полностью поддерживает его (при этом позволяет

разработчикам использовать и JavaScript). Позволяет реализовать MVC архитектуру;

- Strapi. Программное обеспечение с открытым исходным кодом на базе Node.js, которое предоставляет удобное API для системы управления содержимым;

- Telegraf. Библиотека, упрощающая интеграцию API «Телеграм» с JavaScript.

3. Реализация логики системы

Реализация логики системы началась с разработки механизмов, обеспечивающих создание и редактирование контента через телеграм-бот. Для этого использовали технологии JavaScript и TypeScript, с их помощью создали функции, такие как «CreateContent», «EditContent» и «DeleteContent», позволяющие администратору эффективно взаимодействовать с системой прямо из мессенджера.

Далее осуществляется интеграция системы управления контентом с уже действующими информационными платформами, например, интернет-магазинами. Для этого использовали API, предоставляемое мессенджером «Телеграм», а также возможности конструктора API, которые предоставляет Strapi [6-7]. В результате была разработана прослойка между функциями бота и созданным API интернет-магазина - «IntegrateWithOnlineStore», для обеспечения эффективного управления контентом на различных платформах.

Для интеграции телеграм-бота в повседневные коммуникационные процессы бизнеса создали дополнительный функциональный блок «CommunicationIntegration», сокращающий временные затраты на выполнение задач и обеспечивающий более гладкое взаимодействие между ботом и бизнес-процессами.

Одновременно с этим реализуется защита конфиденциальности информации. Для этого применили необходимые меры безопасности, такие как шифрование данных и авторизация, что обеспечивает надежность системы и защиту от несанкционированного доступа.

Используя современные технологии, такие как NestJS, Strapi и Telegraf, разработали стабильную, масштабируемую и устойчивую систему. TypeScript применяется для написания более надежного и качественного кода с упрощением сопровождения системы.

Оптимизация процессов управления контентом в системе осуществляется с использованием специализированных функций, таких как «OptimizeContentManagement», направленных на повышение оперативности и эффективности управления информацией в быстро меняющейся бизнес-среде.

Наконец, гибкость и мобильность в управлении контентом достигаются через разработку функционала, позволяющего бизнесу оперативно реагировать на изменения и принимать решения прямо из телеграм-бота.

Результатом работы стал телеграм-бот, который благодаря интеграции со Strapi позволяет малому бизнесу управлять системой администрирования контентом прямо из мессенджера, что значительно сокращает время доставки содержимого. Если говорить об интернет-магазине, то данная система позволяет сфотографировать товар, написать описание для него и добавить его на сайт, не выходя из мессенджера.

Заключение

В статье представлено описание системы управления контентом, которая базируется на технологии телеграм-ботов, с целью оптимизации бизнес-процессов. Разработанные механизмы для создания и редактирования информации через мессенджер «Телеграм», а также интеграция существующих платформ, включая обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, успешно решают поставленные задачи.

Предложенная система представляет собой не только решение для эффективного управления информацией, но и интегрированное средство, обеспечивающее успешное функционирование в динамичной бизнес-среде. Новаторский подход в сочетании с применением современных технологий, таких как JavaScript, TypeScript, NestJS, Strapi и Telegraf, придает системе стабильность, масштабируемость и устойчивость.

Этот подход сокращает временные затраты на выполнение задач, улучшает оперативность и общую эффективность управления информацией, что делает систему неотъемлемой частью современного бизнеса.

Список литературы

1. Копытина, Е. А. Разработка веб-сервиса для формирования горячего коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» / Е. А. Копытина, Ф. А. Десятириков, А. В. Копытин // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгаинова, Воронеж, 10–12 февраля 2022 года / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2022. – С. 990–996. – EDN SXFFF1.

2. Манукян, С. Ш. Автоматизация взаимоотношений с клиентами в SEO- компании / С. Ш. Манукян, Е. А. Копытина // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 108-113. – EDN PUNHZU.

3. Копытина, Е. А. Моделирование и реализация системы расчета заказов торговой сети / Е. А. Копытина, А. В. Копытин // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2021 года. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2021. – С. 1240-1249. – EDN GUVONJ.

4. Разработка программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, И. И. Дмитриева, И. Р. Корнилов [и др.] // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгаинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 901-906. – EDN GCRTDP.

5. MDN Web Docs — JavaScript [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Guide>

6. Иванов, А. Д. Чат-бот в Telegram и ВКонтакте как новый канал распространения новостей / А. Д. Иванов // Вестник Волжского университета им. В.Н. Тагичева. – 2016. – Т. 1, № 3. – С. 126-132. – EDN WLSEZT.

7. Гасанова, З. В. «Чат-бот» в дистанционных каналах современных российских банков: возможности и угрозы экономической безопасности / З. В. Гасанова, И. А. Езангина // Современные финансовые отношения: проблемы и перспективы развития : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 05 декабря 2019 года. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 50-55. – EDN FOMFYA.

Анализ параметров информационных потоков, характеризующих качество управления маркетинговой информационной системой

И. Г. Рыжов, email: ryzhov.ilgen@gmail.com

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы
Научный руководитель темы д.т.н., профессор Алексеев В.В.
ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический Университет»,
Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы

***Аннотация.** Проведен анализ параметров информационных потоков при управлении сложной системой на примере функционирования маркетинговой информационной системы в условиях воздействия деструктивных внешних факторов.*

***Ключевые слова:** информационный поток, параметры, деструктивные внешние факторы, маркетинговая информационная система.*

Объект исследования: маркетинговая информационная система.

Цель исследования. Целью данного исследования является анализ параметров информационных потоков при управлении сложной системой на примере функционирования маркетинговой информационной системы в условиях воздействия деструктивных внешних факторов.

Задачи исследования: определить понятие «информационный поток», выделить параметры информационного потока, исследовать виды информационных потоков, фигурирующих в маркетинговой информационной системе как сложной технической системе, функционирующей в условиях воздействия деструктивных внешних факторов.

Прежде чем перейти к анализу параметров информационных потоков при управлении сложной технической системой (СТС), необходимо сформировать понятие «информационного потока» в контексте функционирования СТС.

Рассмотрим различные понятия информационного потока, приведенные в государственных стандартах (ГОСТ) и научной литературе.

В [1] под информационным потоком понимается преобразование информации в объекте или субъекте доступа, зависящее от информации в объекте или субъекте доступа, реализуемое субъектом(ами) доступа.

ГОСТ Р 58043-2017 [2] вводит следующие определение: «Информационный поток – непрерывная последовательность данных, объединенных набором общих признаков, выделяющих эти данные из общего информационного обмена».

Завершим обзор различных представлений о понятии «информационный поток» определением из научной литературы [3], где информационный поток определяется в контексте функционирования логистической системы. Под информационным потоком в логистической системе автор предлагает понимать совокупность циркулирующих в логистической системе, между логистической системой и внешней средой сообщений, необходимых для управления, анализа и контроля логистических операций.

Не трудно заметить, что каждое из приведенных выше определений наиболее точно подходит для описания информационного потока при формировании понятийной базы и решения проблем специфичных для различных областей исследования. В зависимости от определения можно выделить различные параметры, которыми может характеризоваться информационный поток.

Для нашего исследования введем следующее понятие информационного потока: информационный поток – упорядоченное множество данных, сообщений, команд, циркулирующих внутри информационной системы (подсистемы) или между информационной системой (подсистемой) и внешней средой, необходимое для управления каким-либо объектом, в нашем случае – маркетинговой информационной системой или ее подсистемой. Данные могут быть представлены в различных формах – текстовых, числовых, табличных, графических, звуковых и т.д. Информационный поток может возникать в результате действий пользователя, работы приложений, ввода-вывода данных, управления ресурсами компьютера и других операций.

Рассмотрим также стандартную структуру маркетинговой информационной системы, представленную на рисунке [4].

Стандартная маркетинговая информационная система, как правило, состоит из нескольких компонентов (систем), которые работают вместе для сбора, управления и анализа данных, связанных с маркетинговой деятельностью. Дадим пояснение систем, образующих маркетинговую информационную систему [5]:

– система внутренней информации занимается сбором и изучением сведений о внутренней среде, в том числе показатели работы

компании, сведения о заказах и продажах. Источниками информации могут выступать показатели продаж, финансовые данные (отчеты компании о доходах и расходах, балансовые отчеты), планы коммерческих визитов, счета-фактуры, отчеты о предыдущих исследованиях [6];

- система внешней информации собирает и анализирует данные о внешней среде, к которым можно отнести информацию о рынке, конкурентах, изменениях в экономике, культуре и политике. Для сбора информации система использует, например, отчеты компаний, рекламные материалы и прайс-листы конкурентов, документы государственных органов, публикации в средствах массовой информации;

- система маркетинговых исследований занимается сбором и анализом данных, необходимых в связи со стоящей перед фирмой маркетинговой ситуацией [7]. Источниками информации для этой системы являются полевые (опросы, наблюдения, эксперименты) и кабинетные (PEST-анализ, SWOT анализ, сравнительный анализ, моделирование и другие методы) исследования;

- аналитическая маркетинговая система, как ясно из названия, занимается анализом собранных другими системами маркетинговых данных и проблем маркетинга, используя при этом статистический банк – набор методов статистической обработки информации, и банк моделей – совокупность математических моделей, способствующих принятию оптимальных решений деятелями рынка [7].

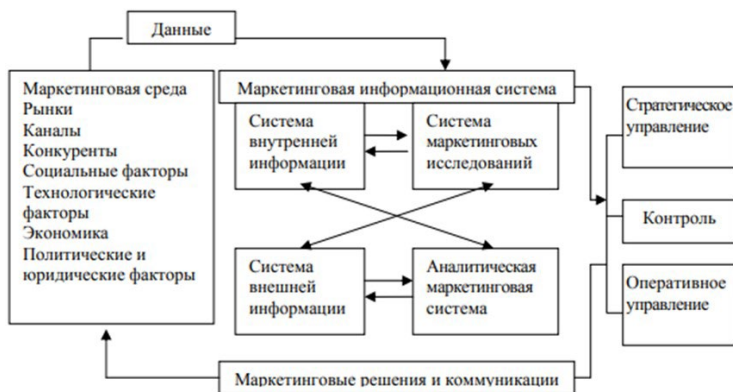


Рисунок. Структура стандартной маркетинговой системы

Выделим признаки классификации информационных потоков в условиях воздействия деструктивных внешних факторов для

стандартной маркетинговой информационной системы (таблица, разработана автором по [8]).

Таблица

Классификация информационных потоков в условиях воздействия деструктивных внешних факторов для стандартной маркетинговой информационной системы

Классификационный признак	Виды информационных потоков
По отношению к информационной системе	1.1.1 внутренние – потоки в рамках информационной системы
	1.1.2 внешние – потоки между информационной системой и объектами, находящимися за ее пределами
	1.2.1 входные – потоки, в которых информация получается системой
	1.2.2 выходные – потоки, в которых информация отдается системой
По периодичности возникновения	2.1 регулярные – потоки, возникающие с определенной периодичностью
	2.2 нерегулярные – потоки, не имеющие четких временных рамок возникновения
По степени открытости	3.1 открытые – потоки, в которых фигурируют публичные данные
	3.2 закрытые – потоки, содержащие, данные ограниченного распространения
По уровню значимости	4.1 высокой значимости – потоки, нарушение параметров которых ведет к серьезному ущербу системе и убыткам
	4.2 низкой значимости – потоки, нарушение параметров которых не оказывает большого влияния на функционирование системы
По способу передачи и обработки информации	5.1 с использованием комплекса технических средств (КТС) – потоки, в которых передача информации происходит благодаря работе элементов КТС
	5.2 без использования КТС – потоки, где информация передается с использованием среды распространения и носителей информации, не содержащих элементов КТС

Классификационный признак	Виды информационных потоков
По регламентированности	6.1 регламентированные – потоки, соответствующие спецификации системе
	6.2 нерегламентированные – потоки, противоречащие требованиям к системе

Справедливо будет отметить, что классификация информационных потоков, приведенная в таблице, может быть применена и при анализе информационных потоков подсистем, входящих в состав маркетинговой информационной системы.

Опираясь на приведенную выше классификацию, выделим параметры информационных потоков, изменение которых может свидетельствовать о воздействии деструктивных внешних факторов на маркетинговую информационную систему:

- источник информационного потока;
- приемник информационного потока;
- условия возникновения информационного потока;
- среда распространения информационного потока;
- скорость распространения информационного потока;
- соответствие описанию (требованиям) информационной системы.

Заключение

Приведенный выше анализ позволил уточнить классификацию информационных потоков в маркетинговой информационной системе и определить необходимые для контроля параметры информационных потоков. Среди наиболее важных информационных потоков выделены наиболее чувствительные к деструктивному внешнему воздействию: 1.1.2 – внешние; 1.2.1 – входные, 1.2.2 – выходные; 2.2 – нерегулярные; 3.2 – закрытые; 4.1 – высокой значимости; 5.1 – с использованием КТС; 6.2 – нерегламентированные.

Для контроля информационных потоков предлагается использовать формальные математические модели (в работе [9] – это модели безопасности), а математическую нотацию перевести в нотацию на некотором формальном языке, пригодном для верификации, например, TLA+ (Temporal Logic of Actions) – язык спецификаций для моделирования программного обеспечения, также для автоматизации моделирования и оценки угроз воздействия деструктивных внешних факторов может использоваться подход, описанный в [10].

Список литературы

1. ГОСТ Р 59453.1-2021. Защита информации. Формальная модель управления доступом. Часть 1. Общие положения. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 16 с.
2. ГОСТ Р 58043-2017. Проектирование и освоение газовых, газоконденсатных, нефтегазовых и нефтегазоконденсатных месторождений. Движение геолого-технологической информации. Общие требования. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 19 с.
3. Маркарян, Ю.К. Исследование видов, особенностей и характеристик информационных потоков в логистике. / Ю. Маркарян // Научные исследования: от теории к практике: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 30 окт. 2016 г.). В 2 т. Т. 2 / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – № 4 (10). – С. 167-171.
4. Бузни, А.Н. Система современного маркетинга / А. Бузин // Ученые записки ТНУ. Серия: Экономика и управление. – 2010. – Т.23 (62), № 3. – С. 18-24.
5. МИС (маркетинговая информационная система) [Электронный ресурс]: словарь. – Режим доступа: <https://www.unisender.com/ru/glossary/chto-takoe-mis/#anchor-3>.
6. Обоимова, И.В. Тенденции развития рынка офисной мебели Москвы и Московской области в рамках маркетинговой информационной системы / И. Обоимова // Лесной вестник. – 2008. – № 5. – С. 182-185.
7. Котлер, Ф. Основы маркетинга. Краткий курс. Пер. с англ. / Ф. Котлер. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. – 656 с. ил.
8. Гайсарова, А.А. Особенности процесса управления информационными на предприятии в современных условиях / А.А. Гайсарова, Н.М. Ветрова // Экономика строительства и природопользования. – 2019. – № 1(70). – С. 49–54.
9. Каннер, А.М. Применение TLA⁺ нотации для описания модели изолированной программной среды субъектов доступа и ее дальнейшей верификации / А. Каннер // Вопросы защиты информации. – 2021. – № 3. – С. 8-11.
10. Тихомирова, А.А. Формальное описание моделирования угроз безопасности информации по методике ФСТЭК / А.А. Тихомирова, А.В. Яковлев, В.В. Алексеев // Вестник Воронежского института МВД России. – 2023. – № 2. – С. 94-100.

Разработка веб-приложения для проведения экспертизы на проекте Воронежского Государственного Университета «Лига инноваций»

Я. В. Солодовникова, email: solodovnikovasyv@yandex.ru

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной статье предложена реализация серверной части веб-приложения для сбора оценок экспертной комиссии в полуфинале конкурса проектов «Лиги инноваций», а также последующей обработки полученных результатов и составления рейтинга участников.*

***Ключевые слова:** экспертная оценка, эксперт, веб-приложение, автоматизация рутинных задач, прикладная задача.*

Введение

«Лига инноваций» - первый региональный проект-преакселератор ФГБОУ ВО «ВГУ», направленный на формирование базовых компетенций в области инновационной предпринимательской деятельности у обучающихся образовательных организаций Воронежской области [1]. Одним из этапов «Лиги инноваций» является конкурс проектов, которые участники разработали на основе полученных компетенций. Конкурс проводится в два этапа: полуфинал и финал. В полуфинале эксперты должны по ряду определенных критериев оценить проект и сделать свое заключение. После этого экспертные оценки переносятся в электронный формат, выполняется их обработка и построение рейтинга участников.

В конкурсе участвует несколько десятков проектов, а их оценкой занимается экспертная комиссия, состоящая минимум из 5 человек, следствием чего является большое число документов, требующих обработки. В каждом заключении содержится таблица критериев, что также кратно увеличивает количество переносимой информации. Важно учитывать, что ошибки, допущенные в процессе перенесения могут повлиять на результаты и исказить их. Таким образом любой проект может получить место ниже или выше заслуженного.

Использование бумажных носителей создает лишние этапы обработки информации, которые замедляют получение результата (в

данном случае рейтинга участников), а также повышают вероятность ошибки.

Данная проблема крайне актуальна в настоящее время, так как проект «Лига инноваций» активно развивается, и решению подобных проблем посвящены работы [2-6].

Для устранения вышеописанных сложностей разрабатывается веб-приложение, в котором эксперты могут выставлять свои оценки в соответствии с существующими критериями, а организаторы «Лиги инноваций» просматривать автоматически сформированный рейтинг.

1. Постановка задачи

К описываемому в статье веб-приложению для сбора экспертных оценок и их последующей обработки были выдвинуты следующие функциональные требования:

- Возможность введения данных экспертом;
- Автоматическое составление рейтинга на основе полученных экспертных оценок;
- Возможность просмотра рейтинга организатором.

2. Средства реализации веб-приложения

В процессе работы были использованы следующие технологии:

– Java. Широко используемый объектно-ориентированный язык программирования, который предоставляет обширную стандартную библиотеку для разработки приложений, а также, благодаря поддержке объектно-ориентированного подхода, позволяет создавать гибкие и расширяемые приложения;

– Idea Professional. Мощная интегрированная среда разработки для написания программ на языке Java. Она предоставляет такие инструменты как умный рефракторинг кода, система автоматических подсказок и имеет интеграцию с системами контроля версий;

– Spring Boot. Популярный фреймворк для разработки веб-приложений на языке Java. Благодаря инверсии управления и внедрению зависимостей, Spring Boot упрощает разработку приложений и обеспечивает гибкую связь между компонентами;

– PostgreSQL. Мощная и расширяемая система управления базами данных, которая обеспечивает высокую надежность и устойчивость, благодаря встроенным механизмам сохранности данных и поддержке транзакций.

3. Реализация логики веб-приложения

Веб-приложение имеет клиент-серверную архитектуру. Сервер работает по принципу REST API. Серверная часть веб-приложения

написана на языке Java, и для её реализации был использован фреймворк Spring Boot.

Для разработки серверной части приложения была выбрана архитектура MVC (Model-View-Controller). Такая архитектура хорошо подходит для REST-сервера, потому что:

- разделяет приложение на три основных компонента;
- каждый компонент может быть разработан и изменен независимо;
- позволяет легко поддерживать разные форматы ответа для REST-сервера.

Структура сервера соответствует стандартной структуре для Spring Boot проектов: Controller классы отвечают за обработку запросов, Service классы реализуют функционал приложения, Entity классы представляют сущности предметной области, DTO классы используются для взаимодействия с клиентской частью, Repository классы взаимодействуют с базой данных.

За компонент Model отвечают Service и Entity классы. За компонент Controller отвечают Controller классы, которые обрабатывают входящие запросы. Компонент View представлен исходящими от сервера JSON ответами, которые потом обрабатываются на клиентской части приложения.

В проекте для экспертов был создан класс ExpertEntity, проектов – ProjectEntity, экспертного заключения – OpinionEntity, рейтинга – RatingEntity.

Для взаимодействия с клиентской частью созданы ExpertDto для экспертов; OpinionCreateDto, OpinionChangeDto, OpinionDto для экспертных заключений; ProjectCreateDto, ProjectChangeDto, ProjectDto для проектов; RatingDto для рейтинга. В данном случае те DTO, в названии которых есть слово «Create» используются при создании новой записи в базе данных, «Change» – изменении существующей, а DTO без дополнительных слов используются при возвращении записи из базы данных на клиентскую часть.

Для обработки запросов экспертов создан класс ExpertController, который содержит следующие методы:

- createOpinion. Создает в базе данных запись о заключении эксперта, которая содержит оценки по критериям, словесное заключение и вывод;
- changeOpinion. Меняет запись в базе данных о заключении эксперта, если необходимо внести изменение в какой-либо элемент заключения;
- getOpinion. Возвращает заключение эксперта.

Для обработки запросов организаторов создан класс AdminController, который содержит следующие методы:

- createProject. Создает в базе данных запись о проекте, которая содержит название, ФИО участника и год создания;
- changeProject. Меняет запись в базе данных о проекте, если необходимо внести изменение в информацию о проекте;
- getProject. Возвращает данные о проекте;
- getRating. Возвращает рейтинг проектов за определенный год.

Для работы с базой данных были созданы следующие Repository классы:

- ExpertRepository. Содержит логику работы с таблицей Experts, которая хранит данные об экспертах;
- OpinionRepository. Содержит логику работы с таблицей Opinions, которая хранит данные об экспертных заключениях по проектам;
- ProjectRepository. Содержит логику работы с таблицей Projects, которая хранит данные о проектах.

В AdminService и ExpertService классах реализован функционал веб-приложения для организаторов и экспертов соответственно. Структуры Service классов повторяют структуры Controller классов, в связи с чем, описывать их реализацию нецелесообразно.

Логика взаимодействия эксперта с приложением заключается в том, что, когда эксперт хочет составить экспертное заключение по проекту он выбирает конкретный проект, заполняет все необходимые поля и отправляет его. Полученные сервером данные обрабатываются и сохраняются в базу данных. Если эксперт совершил ошибку или изменил свое мнение, в течение определенного срока он может изменить в заключении то, что считает нужным. Изменения будут сохранены в базе данных.

Логика взаимодействия организатора с приложением заключается в управлении экспертизой. Перед началом экспертизы необходимо добавить в систему все проекты участников, заполнив название проекта и ФИО участника. После можно вносить изменения в созданные записи о проектах, если где-то произошла ошибка или потребовалось изменение. Помимо прочего, организатору доступен просмотр рейтинга за любой год, информация о котором есть в базе данных.

Заключение

В данной статье была рассмотрена реализация веб-приложения для сбора экспертных оценок и их последующей обработки. На данный момент реализован сбор экспертных оценок и автоматическое формирование рейтинга участников. Планируется добавить логику для

просмотра рейтинга организатором и возможности печати экспертного заключения.

Список литературы

1. Лига инноваций [Электронный ресурс]: страница конкурса. – Режим доступа : <https://ligavsu.ru/>
2. Разработка программного комплекса для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, И. И. Дмитриева, И. Р. Корнилов [и др.] // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгаинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 901-906. – EDN GCRTDP.
3. Разработка парсера для автоматизации деятельности Контрольно-счетной палаты Воронежской области / А. В. Порядин, А. Г. Потапов, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 127-131. – EDN TFMGUT.
4. Реализация проекта по созданию реляционной базы данных для Контрольно-счётной палаты Воронежской области / А. Г. Потапов, А. В. Порядин, Т. Д. Братышев [и др.] // Труды молодых ученых факультета компьютерных наук ВГУ. Том Выпуск 2. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 132-137. – EDN FEIMSS.
5. Кропачев, А. Н. Формирование отчета деятельности наркоконтроля по Воронежской области средствами офисных приложений / А. Н. Кропачев, Е. А. Копытина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей / Под редакцией Д.Н. Борисова. Том Выпуск 1. – Воронеж : Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2021. – С. 80-84.
6. Шорохова, Т. А. Разработка проекта «List_of_documents» для реализации программ дополнительного образования ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета» / Т. А. Шорохова, Е. А. Копытина // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник статей. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2023. – С. 284-289. – EDN MMGXTK.

Формализация поведения потребителей с нечеткими требованиями

М. А. Шмелев, email: shmelev1996@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. В данной статье рассматривается задача формирования оптимального предложения продавца при известном потребительском спросе, с учетом нечеткости требований потребителей. Для покупателей генерируются нечеткие функции принадлежности, характеризующие их желания и потребности. Для оценки оптимальности предложения продавца на рынке подсчитывается количество сделок на основе обобщенного спроса, а также с помощью имитации. При проведении имитационного моделирования получена сильная корреляция между количествами сделок, подсчитанных разными способами. Также обнаружена значимая корреляция между количествами сделок, отличающихся не по способу подсчета, а по нечеткости.

Ключевые слова: электронная торговая площадка, типы потребителей, функция принадлежности, мода, размах, интеграл Шоке.

Введение

В области электронной торговли условно выделяют множества потребителей и продавцов, не пересекающихся в рассматриваемые моменты времени. Так как описывается процесс взаимодействия потребителя и продавца, будем рассматривать бинарные отношения $R \subseteq A \times B$ между элементами множества потребителей $A = \{a_i\}$ и множества продавцов $B = \{b_j\}$. Электронную торговую площадку (далее – ЭТП) с множеством потребителей и множеством продавцов можно определить на двудольном графе, где решается задача назначения. Вершинами данного графа, соответственно, являются потребители и продавцы, а ребра графа интерпретируются как события, то есть как совершенные сделки на рынке.

Сформулируем задачу назначения как выбор пар $(a_i, b_j), a_i \in A, b_j \in B$. Эти пары, как было определено ранее, будем интерпретировать как совершение сделки между i -м потребителем и

j -м продавцом. Формирование пары (a_i, b_j) есть случайное событие, вероятность которого обозначает возможность совершения сделки. Составление пары зависит от степени соответствия спроса и предложения для конкретного товара.

В рамках текущей статьи рынок электронной коммерции рассматривается с позиции продавца. Важной для рассмотрения представляется задача формирования предложения продавца при известном потребительском спросе. Необходимо учитывать все особенности спроса, в том числе поведенческие особенности, при построении событийно-дискретной имитационной модели [1]. Будем считать, что спрос можно определить как множество векторов $\vec{q} = (q_1, q_2, q_3)$, где q_1, q_2, q_3 – имена коммерческих, технических параметров. Эти вектора описываются как потребности отдельных покупателей на конкретном рынке. Именно в спросе отображается поведение покупателей [2].

Работа направлена на помощь продавцу в формировании оптимального предложения, адекватного покупательскому спросу, с учетом нечеткости требований потребителей. Желания отдельных потребителей теперь рассматриваются как объекты, состояния которых отображаются с помощью вектора нечетких характеристик. Отличительной особенностью формирования понятия соответствия является то, что это понятие распространяется от бинарной (соответствует/не соответствует) до бесконечно значимой степени соответствия на некотором числовом интервале $[0;1]$ и использования при этом понятия нечетких множеств и функций принадлежности. Поведенческие особенности рынка отражает задание функций принадлежности.

В статье рассматривается задача – создание сервиса автоматизированного формирования предложения с помощью системы поддержки принятия решений. Под сервисом понимаем услугу, автоматизирующая определённый бизнес-процесс [3, 4]. Предложение продавца логично определить как вектор характеристик $\vec{q} = (\tilde{q}_1, \tilde{q}_2, \tilde{q}_3)$, в той же структуре, что и спрос, но без использования нечетких функций. По сути, этот вектор задает товар для совершения сделки. В реальных условиях проверка результата функционирования сервиса на ЭТП проблематична. Поэтому адекватность рекомендации продавцу будем проверять с помощью имитационной модели на разных типах рынков. В процессе создания системы принятия решений предстоит имитировать покупательский спрос и процессы совершения сделок. На практике частный индивидуальный спрос носит случайный характер.

В работе [2] акцент был на построении распределений, характеризующих различные типы потребителей, и изучении взаимосвязи цены и качества. Теперь индивидуальный спрос формируется в виде вектора с нечеткими показателями. Пример: потребитель готов купить товар с невысокой ценой при максимально возможном качестве, интересуется средним размером. Над диапазоном можно построить функцию предпочтения тех или иных цен, того или иного качества. Учитывается, что продавец не может подстроиться под каждого индивидуального покупателя. Продавцу может быть представлена обобщенная характеристика спроса, причем построенная для определенных типов покупателей: «жадные», «особо жадные», элитные, «умеренные» и т. д.

Целью работы является формирование предложения продавца на ЭТП. Существенен вопрос отображения поведенческих типов потребителей [5]. Возникает задача, как строить типы рынков на основе индивидуального спроса и обеспечить адекватность получаемых результатов.

1. Теоретические основы исследования

Для нашего примера спрос на рынке ЭТП будет состоять из множества векторов $\vec{q} = (q_1, q_2, q_3)$, где q_1, q_2, q_3 – имена параметров цены, размера и качества соответственно. Эти параметры являются нечеткими. Учитывалось, что параметры цены и качества являются взаимозависимыми параметрами. Нечеткие функции принадлежности представляем как заданные на условной шкале $[0;1]$ тройки вида $(a; M; b)$, где a и b – границы носителя треугольной функции, M – мода. На границах функция равна нулю, а в моде равна 1.

Для каждого из покупателей генерируются нечеткие функции принадлежности, характеризующие их желания и потребности. Используем последовательный метод обратных функций [6].

Процедуры получения нечетких функций принадлежности отличаются для взаимозависимых (цена и качество) и независимых (размер) параметров. Покажем сначала алгоритм получения тройки $(a; M; b)$ для параметра «размер». Определимся, что этот параметр имитируется с использованием генератора дискретного распределения вероятностей размеров. Распределение для параметра «размер», подобное нормальному, показано в таблице 1.

Такое распределение интерпретируется как повышенный спрос на средние размеры. Далее примем, что все значения нормированы для общности рассуждений. Процесс получения нечеткой функции

принадлежности удобно рассматривать с помощью диаграммы состояний, как показано на рис. 1.

Таблица 1

Распределение для независимого параметра

Значение	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Вероятность	0,05	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,05

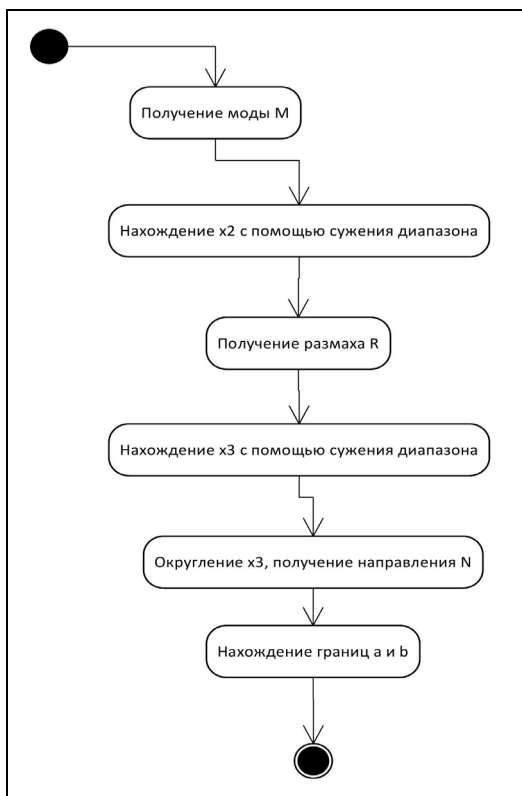


Рис. 1. Диаграмма состояний для получения нечетких функций принадлежности

Рассмотрим этапы алгоритма для получения нечеткой функции принадлежности на примере параметра «размер»:

1. Нахождение моды M

С помощью генератора случайных чисел получаем конкретное значение x на интервале $[0;1]$. На основе заданного распределения из таблицы 1 и последовательного метода обратных функций находим моду. Последовательный метод обратных функций заключается в том, что каждому значению из заданной таблицы распределения можно сопоставить интервал, равный по длине его вероятности. Используются следующие формулы:

$$s_0 = 0, s_n = 1; s_i = s_{i-1} + p_i, \quad (8)$$

где s_i – накопленные вероятности, с которыми сравнивается конкретное значение x в цикле, пока первый раз не реализуется неравенство $x \leq s_i$. Полученное значение i позволит с помощью модифицированной таблицы найти моду M [6].

Далее для строгости рассуждений отметим, что значения размаха R и направления N , как и моды M , могут принимать значения от 0 до 1 с шагом 0,1, чтобы учесть все возможные пожелания потребителей.

2. Определение размаха R

Размах треугольной функции $(a; M; b)$ определяется как $R = b - a$.

Получение нового значения x_2 будем называть операцией сужения диапазона. При нахождении нового значения с помощью операции сужения диапазона предварительно определяется, в каком из интервалов $([0;0,2];(0,2;0,4];(0,4;0,6];(0,6;0,8];(0,8;1])$ находится x . Затем применяется формула сужения диапазона.

После получения моды M вычисляем новое значение x_2 :

$$x_2 = \frac{x - \tilde{a}}{0,2}, \quad (9)$$

где \tilde{a} - левая граница интервала, в которой находится x .

После нахождения x_2 интервал $[0;1]$ делим на одиннадцать промежутков для нахождения R , так как возможны значения от 0 до 1 с шагом 0,1. Заметим, что нулю сопоставляется интервал длиной 0,01 в интервале $[0;1]$; всем остальным возможным значениям соответствуют интервалы равной длины (таких равных интервалов десять). Следовательно, при генерации тройки вероятность получить значение размаха, равное нулю, крайне мала. Получаем размах R на основе x_2 также с помощью последовательного метода обратных функций.

3. Определение направления N

Направление определяет, в каких пропорциях слева и справа от моды распределится размах.

Опишем получение направления N . С помощью операции сужения диапазона над значением x_2 получаем x_3 . Округляя полученное значение x_3 до десятых, находим направление N .

4. Нахождение a и b

С помощью формул $a = M - R \cdot N$; $b = a + R$ находят границы треугольной функции принадлежности. Для a и b задействуется округление до десятых. Если получилось $a < 0$, то a приравнивают к нулю. Если $b > 1$, то b приравнивают к единице. Ограничения обусловлены тем, что функция принадлежности задается на интервале $[0;1]$.

Генерация тройки для зависимых параметров (цена и качество) существенным образом отличается. Во-первых, моды цены и качества рассчитываются с помощью матрицы парных сравнений, характеризующей конкретный тип покупателей. Приведем основные формулы из прошлой статьи, необходимые для расчетов. Условные вероятности для качества рассчитываются по формуле:

$$p_i(a_i / b_j) = \frac{P_{ij}}{\sum_j P_{ij}} \quad (10)$$

Подсчет условных вероятностей для цены выглядит следующим образом:

$$p(b_j) = \frac{P_{ij}}{p_i(a_i / b_j)} \quad (11)$$

Как и в предыдущей статье, берем строку из матрицы условных вероятностей значений качества и столбец из матрицы условных вероятностей значений цены. На основе этих данных снова применяется последовательный метод обратных функций. Применение матриц парных сравнений размером 6 на 6 определяет то, что моды цены и качества принимают значения от 0 до 1 с шагом 0,2.

Во-вторых, используем ограничение для каждой из матриц парных сравнений, чтобы наблюдалась сильная взаимосвязь цены и качества. Оно выражается в использовании вероятности для качества p_{new} :

$$p_{new} = \frac{\text{round}((\alpha \cdot p(b_j) + (1 - \alpha) \cdot p_i(a_i / b_j)) \cdot 5)}{5} \quad (12)$$

Важный нюанс состоит в применении p_{new} для нахождения размаха R и направления N . Таким образом, наложение ограничения на

процедуру генерации нечетких функций принадлежности, вытекающее из взаимосвязи параметров цены и качества.

В-третьих, при нахождении размаха R возможны значения от 0 до 1 с шагом 0,2 (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1). В данном случае действует уже ранее рассмотренный прием: нулю сопоставляется интервал длиной 0,01 в интервале [0;1]; всем остальным возможным значениям соответствуют интервалы равной длины. Выходит, что для взаимозависимых параметров интервал [0;1] делится на шесть промежутков, пять из которых равны по длине.

Ключевой особенностью генерации нечетких функций принадлежности для взаимозависимых параметров является округление до десятых, но с четной цифрой после запятой (то есть до 0,2; 0,4; ...). Это применяется для нахождения не только направления N , но и для границ a и b по формулам $a = M - R \cdot N$; $b = a + R$.

Отметим, что при подсчете x_2 аналогично, как и для независимого параметра, применяется операция сужения диапазона для значения x , при подсчете x_3 – для значения x_2 .

Оценка количества сделок – критерий, с помощью которого продавец сможет выбирать свое оптимальное предложение на конкретном рынке. Для проверки адекватности получаемых результатов будет применяться коэффициент корреляции Пирсона r . Чтобы достоверно определить лучшее предложение, подсчет количества сделок проводился теми же способами, как и в прошлой статье для конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии» [7].

Для первых двух способов учитывался обобщенный спрос. Для подсчета числа сделок применяется формула $n_{об.} = p \cdot m$, где $n_{об.}$ – количество сделок, p – вероятность совершения сделки с учетом обобщенного спроса, а m – число покупателей на рынке. Для подсчета функций принадлежности обобщенного спроса находится взвешенная сумма по каждому из параметров (цена, размер, качество). В качестве операторов агрегирования [8] использовались среднее арифметическое (способ №1) и дискретный интеграл Шоке по нечеткой мере [9] (способ №2). Третий способ предполагает оценку количества сделок $n_{им.}$ на основе имитации.

2. Проведение имитационного моделирования

Наибольший интерес представляет проведение имитационного моделирования [10] в среде Matlab. Перечислим некоторые важные детали исследования. При проведении имитационного моделирования для разных типов покупателей применялись строго определенные

плотности нечеткой меры. Методы, применяемые для их определения, описаны в работах [11, 12]. Для текущей задачи плотности нечеткой меры были определены экспертным способом: $den = (0, 4; 0, 58; 0, 64)$, где наибольшее значение задано для параметра качества. Это позволяет выверенно сравнивать способы подсчета числа сделок. Также каждый тип покупателей характеризует конкретная квадратная матрица парных сравнений размером 6 на 6. Напомним, что для взаимозависимых параметров накладывается ограничение на каждую из матриц парных сравнений.

Имитация проводилась с учётом потребностей покупателей, выраженных нечеткими функциями принадлежности. Начнем с рынка «жадных» покупателей. Лучшим предложением продавца для всех 3 способов оказалось $\bar{y} = (0; 0, 4; 0, 6)$, расшифровываемое как товар с низкой ценой, средним размером и максимально возможным высоким качеством (с учетом зависимости между параметрами). Для наглядности построим график зависимости количества покупок от характеристик товаров для рынка «жадных» покупателей, как на рис.2. Для рынка «особо жадных» покупателей самое выгодное предложение для продавца при использовании трех способов подсчета количества сделок осталось таким же.

Иная ситуация с лучшим предложением продавца для элитных и «умеренных» покупателей. Предложением с наибольшей вероятностью сделки для рынка элитных покупателей оказалось $\bar{y} = (0, 8; 0, 4; 0, 8)$, а для рынка «умеренных» покупателей – $\bar{y} = (0, 4; 0, 4; 0, 6)$.

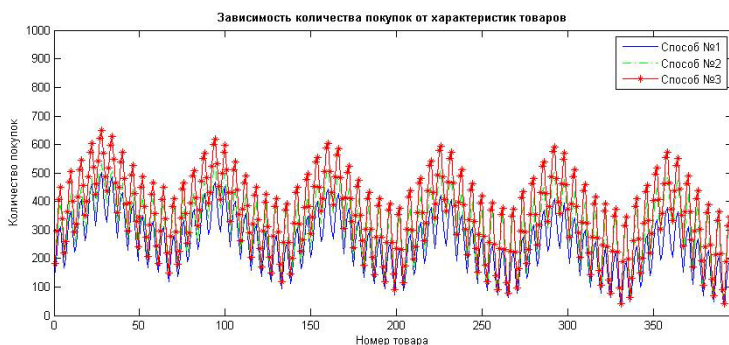


Рис. 2. График зависимости числа покупок от характеристик товаров для рынка «жадных» покупателей с использованием нечеткости

Проведем сравнение лучших предложений продавца при применении нечетких функций принадлежности и при их отсутствии. Обнаружилось расхождение для рынка элитных покупателей. Без использования нечетких функций принадлежности лучшим результатом было $\bar{y} = (1; 0,4; 0,8)$. Таким образом, учет случайности в желаниях индивидуальных элитных покупателей позволяет скорректировать оптимальное предложение продавца в сторону изменения цены товара. Для остальных типов покупателей лучшие предложения продавца полностью совпали.

Показываем качество корреляции между количествами сделок, подсчитанных разными способами с учетом желаний покупателей, определенных нечеткими функциями принадлежности. Применение коэффициента корреляции Пирсона r позволило составить таблицу 2 (результаты округлены до сотых).

Таблица 2

Корреляция между количествами сделок, подсчитанных разными способами

Тип потребителей	Корреляция между 1 и 2 способами	Корреляция между 2 и 3 способами	Корреляция между 1 и 3 способами
«Жадные» покупатели	0,95	0,99	0,98
«Особо жадные»	0,95	0,99	0,97
Элитные	0,96	0,98	0,98
«Умеренные»	0,95	0,99	0,98

Таким образом, сильная корреляция между количествами сделок, подсчитанных с помощью нечетких функций принадлежности, говорит об адекватности получаемых результатов.

Возникает вопрос: существует ли корреляция между количествами сделок, подсчитанных одинаковым способом, но отличающихся по использованию нечетких функций принадлежности? Если рассмотреть рынок «жадных» покупателей и первый способ подсчета количества сделок, то коэффициент корреляции Пирсона дает результат (округлённый до сотых) $r = 0,90$. По такому же принципу была составлена таблица 3.

В данном случае коэффициент корреляции Пирсона всегда удовлетворяет следующему неравенству: $r > 0,8$. Уместно предположить, что корреляция между результатами тем сильнее, чем определённое желания покупателей на том или ином рынке.

*Корреляция между количествами сделок при наличии нечеткости
и при её отсутствии*

Тип потребителей	Корреляция между 1 и 2 способами	Корреляция между 2 и 3 способами	Корреляция между 1 и 3 способами
«Жадные» покупатели	0,90	0,89	0,93
«Особо жадные»	0,93	0,93	0,94
Элитные	0,84	0,82	0,88
«Умеренные»	0,96	0,95	0,96

Заключение

Многие продавцы на электронной торговой площадке делают акцент на максимально проданном количестве товара, а не на максимально высокой цене. Поэтому важна достоверная оценка количества сделок. Это достигается с помощью выбора подходящего оператора агрегирования.

Учет сильной зависимости между ценой и качеством позволил оперировать с реально существующими типами покупателей на рынках. Таким образом, возможно применение результатов для автоматизации сервисов по формированию предложений продавца. Предложение продавца может быть сформировано как для реальной ситуации на рынке, так и для всех прогнозируемых ситуаций.

На практическом примере показана полезность использования интеграла Шоке в связке с λ -нечеткой мерой Сугено. По сравнению со средним арифметическим интеграл Шоке позволяет учитывать, в какой степени важен тот или иной параметр товара.

Список литературы

1. Матвеев М. Г. Информационные технологии формирования предложения на электронной торговой площадке с технологией маркетплейс / М. Г. Матвеев // Экономика и математические методы. – 2021. – № 1. – С. 114-121. DOI: 10.31857/S042473880009719-9
2. Шмелев М. А. Имитационное моделирование поведения различных типов потребителей на основе экспертного подхода / М. А. Шмелев, М. Г. Матвеев // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2023. – № 2. – С. 91-99.
3. Бондаренко Н. А. Особенности математического моделирования бизнес-процессов / Н. А. Бондаренко, А. П. Лях //

Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2023. – №. 7. – С. 174-176.

4. Van der Aalst W. M. P. et al. Business process simulation // Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems. – 2010. – С. 313-338.

5. Гантер Б. Типы потребителей: введение в психографику / Б. Гантер, Г. Фернхам. – СПб.: Питер, 2001. – 304 с.

6. Некругкин В. В. Моделирование случайности / В. В. Некругкин // Кафедра статистического моделирования, матмех СПбГУ. Материал к специальному курсу. – 2017. – 111 с.

7. Шмелев М. А. Выбор стратегии продавца на электронной торговой площадке / М. А. Шмелев, М. Г. Матвеев // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXIII международной научно-практической конференции (15-17 февраля 2023 г.) – Воронеж, ВГУ, 2023. – С. 922-932.

8. Mathematical aggregation operators and their application to video querying / Detyniecki M. [et al.]: PhD dissertation. Docteur de l'Universite – Paris, 2000.

9. Сакулин С. А. К вопросу о практическом применении нечетких мер и интеграла Шоке / С. А. Сакулин, А. Н. Алфимцев // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2012. – №. 1.

10. Ермаков С.М. Статистическое моделирование / С.М. Ермаков, Г.А. Михайлов. – М.: Физматлит, 1982. - 296 с.

11. Grabisch M. Fundamentals of Uncertainty Calculi with Applications to Fuzzy Inference / M. Grabisch, H. T. Nguyen, E. A. Walker // Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. DOI: 10.1007/978-94-015-8449-4

12. Grabisch M. The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making / M. Grabisch // European journal of operational research. – 1996. – Т. 89. – №. 3. – С. 445-456. DOI: 10.1016/0377-2217(95)00176-X

Секция 6
Интеллектуальные
информационные
системы, компьютерная
лингвистика, технологии
информационного поиска

Поддержка принятия управленческих решений на основе нейросетевых классификаторов текстов

А. М. Авдеенко email: aleksei-avdeenko@mail.ru

Е. В. Гаврилюк email:aleksei-avdeenko@mail.ru

А. П. Сатин email: satin 32@yandex.ru

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий"

***Аннотация.** Рассматривается возможность применения нейросетевых классификаторов текстов различного типа для поддержки принятия управленческих решений руководителями структурных подразделений МЧС России. Исследованы минимально допустимые словари, позволяющие с вероятностью более 95 процентов классифицировать текстовые данные, содержащие описание чрезвычайных ситуаций. С учетом изложенного для ускорения процесса выбора альтернативы и принятия решения предлагается включить в базы данных справочники, содержащие максимально стандартизированные управленческие решения (например, расчет сил и средств, документальное сопровождение процессов, шаблоны типовых распорядительных документов).*

***Ключевые слова:** нейронные сети, классификация, чрезвычайная ситуация, класс ситуации, альтернатива, словарь, база данных.*

Введение

Эффективность работы МЧС России в значительной части зависит от умения сотрудников работать с информацией. В ведомстве накоплены значительные объемы информации, позволяющей, при использовании определенных алгоритмов, получить новые знания в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, использовать накопленную ретроспективную информацию для целей прогнозирования параметров внешней среды, подготовки материальных ресурсов и технических специалистов. Руководители подразделений в различных режимах функционирования РСЧС работают с определённым потоком слабоструктурированной информации.

Для повышения производительности труда руководителей структурных подразделений и обеспечения оперативности действий реагирующих подразделений предлагается использовать нейросетевой классификатор текстов. Такой классификатор может описывать определенные параметры деструктивных событий (пожаров и чрезвычайных ситуаций).

Другой сферой применения классификатора может быть обработка монотонных операций в сфере мониторинга оперативной обстановки и некоторых параметров текущей деятельности подразделений МЧС России.

1. Схема поддержки принятия решений

Предлагаемый подход позволит осуществить оперативный анализ информации, например, по выбору альтернативных решений с учетом их эффективности и предпочтений руководителей различного уровня и экспертного сообщества. Руководитель структурного подразделения МЧС России сможет оперировать большим количеством возможных альтернатив при принятии управленческих решений.

Процесс поддержки принятия решений на основе нейросетевого классификатора текстов может быть представлен схематически (см. рис. 1).

Возможно следующее описание работы системы поддержки принятия решений. На входе системы имеется подробное описание чрезвычайной ситуации (например, пожара или подтопления). Нейронная сеть обучается на примерах классификации описания, т.е. отнесения описания к одному из нескольких (в принципе ничем не ограниченных) классов на основе существующих претендентов. К классифицируемому прецеденту из существующих баз данных по принятым решениям (выбранным альтернативам) нейронная сеть находит описания, максимально соответствующие найденным классам. Технические специалисты обеспечивают деление баз данных на три или более разделов: нормативы (так называемые справочники), существующие прецеденты по аналогичным ситуациям (правила выбора альтернатив при схожих состояниях внешней среды, в случае с МЧС России – описание оперативной обстановки). Базы данных должны содержать полную информацию, в том числе альтернативные варианты по ликвидации последствий, допущенные ошибки при выборе альтернативы и т.д. Для ускорения процесса выбора альтернативы и принятия решения в базы данных предлагается включить справочники, содержащие максимально стандартизированные управленческие решения (например, расчет сил и средств, документальное сопровождение процессов, шаблоны типовых распорядительных

документов). При наличии 3D-визуализация объекта ЧС технические специалисты должны подключить и модуль топопривязки.



Рисунок. Схема поддержки принятия решения на основе нейросетевого анализа текстов

2. Предлагаемая методология обучения нейронной сети

Для обучения предлагаемой системы искусственного интеллекта предлагается использовать упорядоченный общий словарь специальных терминов всего корпуса текстов, употребляемых специалистами МЧС России. Каждому слову в соответствии с алгоритмом tf-idf должна быть установлена соответствующая характеристика:

$$x_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_j} \ln \frac{N}{n_{ij} + 1} \quad (1)$$

где N – длина общего словаря корпуса текстов, N_j – словарь текстов класса i , n_{ij} – количество слов j в тексте класса i .

На начальном этапе предлагается использовать сеть с одним скрытым слоем с линейной функцией активации и классифицирующий выходной слой имел функцию активации (softmax):

$$V(z_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_{i=0}^{Q-1} e^{z_i}} \quad (2)$$

где z_i - значение входа в i нейрона выходного слоя, Q количество классов обучения.

Должно быть реализовано пакетное обучение – размер пакета $q=0.1$, размер тестирования $p=0.3$ от общей базы.

В качестве меры качества обучения предлагается использовать категориальная кросс-энтропия:

$$W(z_i) = -\sum_{i=0}^{Q-1} y_i \log(z_i), \quad (3)$$

где y_i - ожидаемый выход z_i - реализованный выход.

3. Вычислительный эксперимент

Для примера, в рамках исследований на данных, имеющих в распоряжении Ногинского спасательного центра МЧС России проведено обучение нейронной сети методом обратного распространения ошибки с использованием стохастической градиентной оптимизации. Был составлен общий словарь всего корпуса текстов, который составил 5221 слово. Размерность скрытого слоя всегда составляла 64 нейрона. Количество эпох обучения 1500. Вариабельными являлись для абзаца A , и величина части словаря всего корпуса текстов L .

Оценкой эффективности нейронной сети после обучения была величина p – доля правильно предсказанных кластеров на тестовой последовательности, на выходе мера принадлежности к одному из классов, в исследуемом случае тому или иному писателю. Схема нейронной сети представлена на рисунке 2.

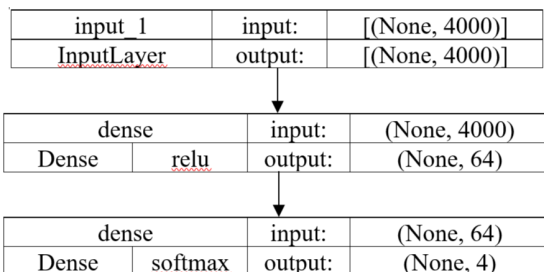


Рисунок. Топология нейронной сети – классификатора текстов.

Полученные результаты тестовой прогонки нейронной сети после обучения в зависимости от A и L представлены в табл.1.

По данным из табл. 1 наблюдается существенная зависимость вероятности правильной классификации от длины используемой части словаря и величины абзаца. Можно утверждать, что надежная классификация стилей писателей возможна, начиная со словаря более 40 процентов от словаря общего корпуса текстов и для абзацев более 5 –

связный текст более 40 слов, соответствующий стилевым, словарным и иными особенностям писателя.

Таблица 1

Вероятность правильной классификации текстов в зависимости от длины словаря L и длины абзаца A. Количество эпох обучения 1500, четыре автора, общий объем 1000 строк, нейронов 64, активации – “relu”, классификатор ‘softmax’.

L	A		
	1	5	10
100	0.38	0.59	0.53
500	0.51	0.73	0.73
1000	0.62	0.76	0.87
2000	0.70	0.96	0.97
4000	0.74	0.97	1.00

При решении задачи текстовой классификации чрезвычайных ситуаций на сети подобного типа были выделены 4 класса ситуаций: снежная лавина (57 строк), пожар (148 строк), наводнение (69 строк) и цунами (77 строк). Совокупный словарь всего корпуса составил 1309 слов. Вероятность правильной классификации представлена в табл. 2.

Таблица 2

Вероятность правильной классификации текстов в зависимости от длины словаря L и длины абзаца A. Количество эпох обучения - 1500, четыре класса ситуаций, общий объем 351 строк, нейронов 64, активации – “relu”, классификатор ‘softmax’. База – чрезвычайные ситуации.

L	A			
	1	2	4	10
100	0.26	0.60	0.56	0.6
400	0.55	0.73	0.75	0.8
500	0.64	0.84	0.97	1.0
800	0.74	0.87	0.98	1.0
1000	0.75	0.9	1.0	1.0

Заключение

По данным таблицы 2 можно сделать вывод, что при словаре более 400 слов и использовании более четырехстрочных абзацев вероятность правильной классификации превышает 0.97, что может быть достаточно

для поддержки принятия решений руководителя структурного подразделения МЧС России

Список литературы

1. Jones K. S. A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval (англ.) // Journal of Documentation: журнал. – МСВ University: MCV University Press, 2004. – Vol. 60, no. 5. – P. 493 – 502.

2. Авдеенко А.М., Мельниченко А.С., Хабибулин Р.Ш. Введение в теорию интеллектуального анализа данных. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 143 с.

3. Keras. Built-in loss functions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/keras-team/keras/blob/master/keras/losses.py> (дата обращения: 29.12.2018).

4. Tensorflow/python/keras/backend.py. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/tensorflow/tensorflow/blob/r1.12/tensorflow/python/keras/backend.py> (дата обращения: 29.12.2018).

Тематическое моделирование как метод моделирования нарратива

Е. В. Бирюкова, email: lenabir68@gmail.com
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Представлены результаты экспериментов для анализа возможности применения тематического моделирования для решения задачи моделирования нарратива русскоязычных текстов. Приведен анализ результатов в контексте спрогнозированных проблем. Сформулированы шаги, которые необходимо предпринять для дальнейшего развития гипотез, а также выделены предпочтительные решения.*

***Ключевые слова:** тематическое моделирование, LDA, нарратив, нарратология, лемматизация, стоп-слова, машинное обучение.*

Введение

Нарратив — повествование о некотором множестве событий, связанных друг с другом, представленное читателю или слушателю в виде текста или образов.

Нарратология — дисциплина, изучающая повествовательные тексты (нарративы), их природу, формы и функционирование, типы, общие черты, присущие различным типам нарративов, критерии, позволяющие отличать последние между собой, систему правил, в соответствии с которыми нарративы создаются и развиваются.

Компьютерная нарратология — нарратология, основанная на компьютерных методах. Спрос на интерактивные развлечения повлек за собой исследования в области автоматической генерации нарративов. Поэтому проблема анализа и моделирования существующих нарративов является достаточно актуальной.

Задача моделирования текстового нарратива — одна из задач современной компьютерной нарратологии. Часто для ее решения применяют тематическое моделирование. С его помощью определяются темы, доминирующие в тех или иных фрагментах текста, или темы, сопутствующие персонажам по ходу сюжета.

Общие сюжетные повороты могут быть получены путем отслеживания изменения тематик у идущих подряд фрагментов. Таким

же образом анализируются значимые события и изменения в сюжетных линиях отдельных персонажей.

Тематическое моделирование — способ построения модели коллекции текстовых документов, которая определяет, к каким темам относится каждый из документов [1]. Исторически он применялся преимущественно для новостных и научно-публицистических текстов: термины из конкретных областей знаний и названия произошедших событий действительно часто образуют смысловые группы и позволяют определять содержание текста. Однако язык художественной литературы, как правило, не подразумевает использование профессиональной лексики или журналистских штампов, что ставит под вопрос возможность успешного применения тематического моделирования.

Еще одна потенциальная проблема связана с необходимостью предварительной обработки текста с целью получения качественных результатов. Известно, что задача лемматизации для русского языка не имеет тривиального решения, имеющиеся же подходы потенциально будут отличаться меньшей эффективностью для менее частых в употреблении слов, свойственных художественным текстам.

Таким образом, необходимо проанализировать, насколько качество лемматизации влияет на решение основной задачи.

С этой целью проведем тематическое моделирование романа Льва Толстого «Война и мир» на русском и английском языках. Выбор такого произведения позволит проверить применимость тематического моделирования для художественных текстов с сильными тематическими контрастами между главами, а проведение эксперимента на двух языках необходимо для оценки влияния качества лемматизации на результат.

1. Эксперимент

Для проведения эксперимента используем Латентное размещение Дирихле [2] — это порождающая модель, позволяющая объяснять результаты наблюдений с помощью неявных групп, благодаря чему возможно выявление причин сходства некоторых частей данных. В случае проводимого эксперимента наблюдениями являются слова, собранные в главы, и предполагается, что каждая глава представляет собой смесь небольшого количества тем, и что появление каждого слова связано с одной из тем главы. Данная модель является одной из самых распространенных в современной практике и в ней устранены недостатки вероятностного латентного семантического анализа, такие как склонность модели к переобучению и необходимость перестраивания всей модели при добавлении в корпус одного документа. Реализация используемого алгоритма представлена

в библиотеке Gensim [3]. Заранее уберем из текста неинформативные слова: это наборы стоп-слов, представленные в библиотеке NLTK [4] для соответствующих языков, расширенные именами и фамилиями главных героев, а также словами, характерными для повествовательных текстов: «пошел», «подумал», «сказал» и пр. и их формами.

Лемматизацию для английского языка проведем при помощи WordNetLemmatizer [5], а для русского — при помощи Rymorphy2 [6]. В основе обоих лемматизаторов — словари, для найденных слов строятся гипотезы на основе морфем.

Выделим две темы из всех глав. Это не только самое простое разделение, продиктованное выбранным текстом, но и подходящее первое приближение для любого другого. Присвоим каждой главе соответствующую тему, в зависимости от уверенности модели.

2. Результаты

В таблице представлены выбранные по значимости слова, определяющие каждую из тем.

Таблица

Облака слов

Язык/тема	Русский	Английский
0	Человек, лицо, глаз, слово, жизнь, дело, комната, день, любить, друг, отец, дом, голова, голос, дверь, чувствовать	Prince, one, face, princess, room, eye, count, old, man, hand, time, little, voice, countess, head, yes, young, officer, day, smile, dear, round, father, felt
1	Человек, солдат, Наполеон, войско, француз, Кутузов, русский, офицер, лошадь, время, сражение, государь, армия, Москва, дело, сторона, генерал, сила, движение, видеть, статья, дорога, голос, голова, должный, французский, народ	French, man, prince, army, time, Napoleon Moscow, Russian, men, emperor, day, life, general, soldier, face, battle, officer, order, commander, old, war, head

Видно, что тема войны успешно отделена от темы мира в обоих языках, несмотря на несовершенство лемматизации (формы таких слов как «французский» «должный» и пр.). Принадлежность глав теме войны определяется моделью с большей уверенностью, что, тем не менее, является естественным свойством текста — локации и события вне войны менее лексически единообразны.

Заметим, что несмотря на то, что большинство выбранных слов совпадают для русского и английского языков, существуют и исключения: «count» и «countess» среди облака английских слов и «народ» среди русских.

Первая особенность, вероятно, объясняется переводом — оригинал содержал несколько различных слов, переведенных как «бесчисленный», а вторая — лемматизацией. Переведенное как «people» или «men» слово «народ» после лемматизации становилось словом «man».

Заключение

В результате проведенного эксперимента установлено, что тематическое моделирование может успешно применяться для решения задачи моделирования нарратива даже на русском языке.

В дальнейшем необходимо разработать алгоритм подбора оптимального количества выделяемых тем, стоп-слов, определяемых не только выбранным языком, а также рассмотреть возможность единократного обучения модели на корпусе текстов и дальнейшее ее использование.

Кроме того, результаты тематического моделирования необходимы для следования шагам алгоритма моделирования нарратива [7].

Список литературы

1. Коршунов А. К. Тематическое моделирование текстов на естественном языке / А. К. Коршунов, А. Л. Гомзин // Труды ИСП РАН. – Москва, 2012. – Т. 23. – С. 215-249.
2. Blei D. M. Latent dirichlet allocation / D. M. Blei, A. Y. Ng, M. I. Jordan // Journal of machine Learning research. – 2003. – Vol. 3. – N. 1. – P. 993-1022.
3. Hoffman M. Online learning for latent dirichlet allocation / M. Hoffman, F. Bach, D. Blei // Advances in neural information processing systems. – 2010. – Vol. 23. – P. 55-74.
4. NLTK [Электронный ресурс]: сайт библиотеки. – Режим доступа: <https://www.nltk.org>
5. Miller G. A. WordNet: a lexical database for English / G. A. Miller // Communications of the ACM. – 1995. – Vol. 38. – N. 11. – P. 39-41.

6. Korobov M. N. Morphological analyzer and generator for Russian and Ukrainian languages / M. N. Korobov // Analysis of Images, Social Networks and Texts: 4th International Conference, AIST 2015 (Yekaterinburg, April 9–11 2015) – Yekaterinburg, 2015 – P. 320-332.

7. Бирюкова Е. В. Методы моделирования и анализа нарративов русскоязычных текстов / Е. В. Бирюкова, И. Е. Воронина // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции (Воронеж, 12–14 декабря 2022 г.). – Воронеж, 2022. – С. 176-180.

Вербальная агрессия в неструктурированных текстах: модель для классификации

И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com⁴

М. К. Пастревич, email: mirstat@mail.ru¹

¹Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассматривается модель *PassiveAggressiveClassifier* для классификации вербальной агрессии в неструктурированных текстах. Проведено обоснование выбора классификации вербальной агрессии, с добавлением дополнительного классификатора.*

***Ключевые слова:** Нейросети, классификация агрессии, модель, обучение.*

Введение

В современном информационном обществе, где реальная жизнь все больше переносится в виртуальное пространство, неструктурированные тексты содержат огромный массив информации. Именно в таких текстах все чаще наблюдается возникновение и распространение вербальной агрессии.

Речевая агрессия в неструктурированных текстах может быть представлена в виде насмешек, оскорблений, угроз, проклятий и иных форм выражения в текстовом виде коммуникации. Ее проявления можно наблюдать в различных форумах, социальных сетях, блогах, письмах, а также в комментариях на различных онлайн-платформах. Такое поведение в интернет-пространстве обусловлено тем, что пользователи могут высказывать свои мысли анонимно. Из-за отсутствия прямого контакта и воздействия других людей, индивиды часто склонны проявлять агрессию и необоснованную злобу в своих сообщениях.

В связи с этим возникает необходимость разработки и обучения модели для классификации вербальной агрессии в неструктурированных текстах для дальнейшего анализа контента.

Классификацией вербальной агрессии занимались многие ученые – лингвисты: Громова Н.С. [1], Шейгал Е.И. [2], Седов К.Ф. [3], Енина Л.В. [4], Михайлская А.К. [5] и др.

В работе [1] предложена следующая классификация речевой агрессии:

- Констатирующая, то есть основной целью агрессии является выражение субъектом собственного отношения к объекту.

- Провоцирующая, то есть основной целью такой агрессии является провокация субъектом объекта на совершение каких-либо действий или изменения его состояния.
- Манипулирующая – такой вид речевого поведения, при котором субъект агрессии видит своей целью изменение существующих у объекта различных взглядов, позиций и убеждений.

Наиболее подходящей для классификации вербальной агрессии в неструктурированных текстах является следующая типология [2]:

- Эксплетивная. К ней относятся брань, призывы, речевые угрозы, например: «Мудак ты», «Сказочный дурак».
- Манипулятивная. К ней относят запрет на речь, например: «Быстро рот закрыл и не твякай».
- Имплицитная. Такой вид речевой агрессии характеризует косвенные речевые акты, иронические инвективы, например: «Мне жаль, что я обидел, когда назвал вас тупым. Я думал, что вы уже знали».

При дальнейшей разработке предложенная типология была расширена добавлением еще одного классификатора – нейтральной лексики.

Ранее в работе [6] были рассмотрены и проанализированы предобученные модели для классификации агрессии в неструктурированных текстах в интернет-пространстве, но, в отличие от предлагаемой далее модели PassiveAggressiveClassifier, показывают точность ниже.

1. Методы исследования

В ходе реализации классификации вербальной агрессии используется следующий вид корпуса данных:

$$(x_i, y_i)_i^L = 0 \quad (1)$$

где $x_i \in \mathbb{R}^n$ – i -й комментарий пользователя, а $y_i \in \{1, 2, 3, 4\}$ – метки классов. Будем использовать функцию F , которая для каждого комментария будет ставить соответствующую метку

$$F(x_i) = y_i \quad (2)$$

Корпус данных состоит из материала, собранного в таких социальных сетях, как Одноклассники, Вконтакте; развлекательного ресурса Пикабу, некоторых каналов Telegram («Мой и твой Воронеж», «MOUNT SHOW»), группы в WhatsApp («Чат дома») и имеет размер в 143232 комментария, предварительно обработанных в соответствии с выбранной и дополненной классификацией. На рис.1. представлено распределение комментариев в соответствии с классификатором.

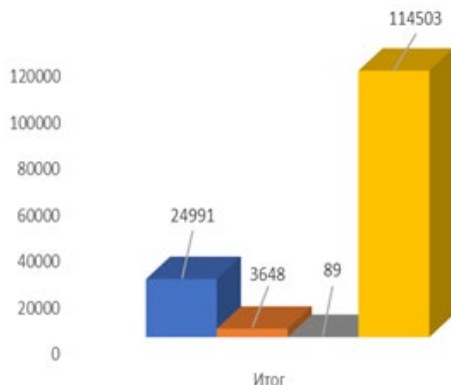


Рисунок. Распределение комментариев

2. Описание модели для классификации вербальной агрессии

Для классификации вербальной агрессии в неструктурированном пространстве была использована модель `PassiveAggressiveClassifier`, на базе библиотеки `sklearn.linear_model`.

Данная модель была выбрана, поскольку обладает следующими достоинствами:

- возможность обработки больших наборов данных;
- высокая точность классификации;
- обновление весов по мере поступления новых данных;
- обновление модели, в случае ошибки, в отличии от `Perceptron`, который обновляется постоянно.

В результате обучения модели `PassiveAggressiveClassifier`, на базе библиотеки `sklearn.linear_model`, были получены следующие результаты, представленные на рис.2.

Accuracy: 0.8808252173002409

	0	1	2	3	accuracy	macro avg	weighted avg
precision	0.649751	0.059066	0.043478	0.958594	0.880825	0.427722	0.904633
recall	0.782598	0.151943	0.333333	0.906362	0.880825	0.543559	0.880825
f1-score	0.710014	0.085064	0.076923	0.931747	0.880825	0.450937	0.891001
support	4172.000000	283.000000	3.000000	24189.000000	0.880825	28647.000000	28647.000000

Рисунок. Результаты обучения модели

После обучения модели в отчет, представленный на рис.2, были выведены такие показатели, как точность по каждому из установленных лексических классификаторов, а также общая точность модели. Помимо

этого, в отчет автоматически выводятся следующие значения: полнота, f1-оценка, макросреднее и средневзвешенное значения.

Модель `PassiveAggressiveClassifier` после обучения показывает общую точность 0,88, что является довольно хорошим результатом. Точность по каждому из классификаторов: при манипулятивной лексике самая низкая – 0,04, при имплицитной – 0,05, при эксплетивной – 0,64 и при нейтральной – 0,95, что обусловлено количеством данных по каждому из классификаторов, то есть чем больше данных, тем выше точность.

Заключение

Таким образом, в связи с появлением в современном интернет-пространстве большого объема неструктурированных текстов, содержащих различные проявления вербальной агрессии, необходимость ее классификации и дальнейшего анализа не вызывает сомнений. Поскольку модель `PassiveAggressiveClassifier` показывает более высокий результат, чем модели, рассмотренные ранее в статье [6], представляется целесообразным ее дальнейшее использование в работе с неструктурированными данными.

Список литературы

1. Громова Н.С. Речевая агрессия в политической коммуникации: причины и последствия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rechevaya-agressiya-v-politicheskoy-kommunikatsii-prichiny-i-posledstviya/viewer>
2. Шейгал Е.И. Семиотика политического дискурса: монография / Е.И.Шейгал. - Волгоград: Перемена, 2000. - 367 с.
3. Седов К.Ф. Агрессия и манипуляция в повседневной коммуникации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/agressiya-i-manipulyatsiya-v-povsednevnoy-kommunikatsii/viewer>
4. Енина Л.В. Современные российские лозунги как сверхтекст : специальность 10.02.01: автореферат диссертации на соискание кандидата филологических наук / Енина Лидия Владимировна. – Ек., 1999. – 18 с.
5. Михальская А.К. Основы риторики: Мысль и слово: учебное пособие для учащихся 10-11 классов / А.К. Михальская. – М.: Просвещение, 1996. – 416 с.
6. Воронина И.Е., Пастревич М.К. Выбор подхода для решения задачи программной классификации вербальной агрессии в социальных сетях/ И.Е.Воронина, М.К. Пастревич. – О.: Информационные системы и технологии, 2023 - №3(137) – С.52-58.

Эффективный подход к предварительной обработке данных для классификации писем электронной почты

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.** Электронная почта часто используется как важнейшее средство коммуникации, а также применяется киберпреступниками для рассылки нежелательных и вредоносных писем. Классификация писем считается приоритетной задачей безопасности электронной почты. Предварительная обработка данных играет ключевую роль в повышении качества классификации. В данной работе основное внимание уделяется различным этапам предварительной обработки текстовых данных. Представлен эффективный подход к предварительной обработке данных для повышения точности классификации электронной почты и некоторые результаты эффективности.*

***Ключевые слова:** нежелательный, легитимный, автоматическая классификация, предварительная обработка, извлечение признаков, токенизация, удаление шумовых слов, лемматизация.*

Введение

Современные коммуникационные технологии открыли перед людьми огромный потенциал, однако они также представляют значительную угрозу с точки зрения информационной безопасности.

Электронная почта, по-прежнему является одним из наиболее лучшим инструментом коммуникации. Несмотря на появление приложений для обмена сообщениями и других сервисов, электронная почта по-прежнему остается предпочтительным способом общения для многих пользователей. Угрозы безопасности электронной почты постоянно растут и становятся все более тревожной для пользователей.

Исследования, специалистов по кибербезопасности показывают, что атаки на электронную почту, являются самой опасной угрозой безопасности для организаций.

Киберпреступники используют электронную почту для несанкционированного доступа к системам, распространения вредоносных программ, доставки документов, содержащих

вредоносный код или URL-адресов, направляющих на фишинговые веб-сайты.

Методы фильтрации писем помогают сократить количество нежелательных писем электронной почты, попадающих в почтовые ящики пользователей. В методах фильтрации для выявления и блокировки нежелательных писем используются различные подходы, такие как анализ на основе правил (созданный вручную) или машинного обучения.

Быстрый рост числа пользователей приводит к увеличению объема генерируемых данных электронной почты. Поэтому классификация таких данных является необходимым требованием информационной безопасности. В последнее время большое внимание уделяется построению алгоритмов и методов классификации данных.

1. Автоматическая классификация электронной почты

Пользователи электронной почты ежедневно получают большое количество писем. Пользователи тратят значительную часть рабочего времени на обработку и управление электронной почты. Таким образом, управление электронной почтой является важной проблемой с которой сталкиваются организации и пользователи.

Основным инструментом для управления электронной почтой является автоматическая классификация писем. Задачей классификации электронной почты является разделение входящих пользовательских писем на нежелательные (спам) и легитимные. Автоматическая классификация сообщений может минимизировать риск случайного открытия нежелательных писем.

Ниже приводится общая архитектура автоматической классификации электронной почты. Как показано на первом рисунке, процесс классификации электронной почты состоит из трех этапов: предварительная обработка, обучение и классификация [1].

Первым этапом классификации является предварительная обработка, которая преобразует текстовые данные в структурированную форму с помощью лингвистического и семантического анализа. Этап предварительной обработки может повлиять на общую эффективность и производительность классификации. Следующим этапом является обучение, включающий в себя разработку набора признаков и их извлечение. Правильное извлечение набора признаков считается критически важным для повышения эффективности и точности обучения. Построение и сохранение классификатора направлено на классификацию входящих электронных писем. На заключительном этапе классификации входящие электронные письма классифицируются

с помощью построенным классификатором в определенные категории (нежелательные (спам) и легитимные) [2].



Рисунок. Общая архитектура автоматической классификации электронной почты

2. Эффективный подход предварительной обработки данных

Предварительная обработка данных считается важным этапом в задаче классификации и категоризации писем, поскольку важно предварительно обработать данные для извлечения точного смысла из текста. Обычно текст содержит слова, которые не дают значимой информации, поэтому необходимо очистить текст от таких слов, чтобы сделать текст осмысленным. Этап предварительной обработки данных состоит из этапов, основанных на естественном языке и выполняет различные операции [3].

Предлагается усовершенствованный подход предварительной обработки данных для повышения производительности системы классификации электронной почты. Предлагаемый подход удаляет подпись из тела письма, поскольку при классификации этот фрагмент не

имеет значения. Затем применяется токенизация для разделения данных на набор слов. Далее удаляются все специальные символы, что значительно сокращает объем данных. Затем для уменьшения объема данных применяется удаление шумовых-слов и расширенное удаление шумовых-слов. В конце для получения корневой формы слова применяется лемматизация. Архитектура предлагаемого подхода представлена на втором рисунке [4].



Рисунок. Архитектура предлагаемого подхода предварительной обработки данных электронной почты

Каждое письмо содержит набор слов, которые необходимо убрать из письма, чтобы повысить точность классификации. На этапе предварительной обработки для удаления таких слов выполняются следующие шаги:

- удаление подписи электронной почты – удаление фрагмента текста, прикрепленного в конце электронного сообщения (подпись);

- токенизация – разделение текста на некоторые значимые фрагменты (токен, лексема), набор лексем рассматривается как набор входных данных для последующей обработки;
- удаление специальных символов – удаление URL-адресов или ссылок, знаков препинания, денежных знаков, повторяющиеся пробелы;
- преобразование строчных букв - слова будут преобразованы в верхний или нижний регистр;
- удаление шумовых слов – удаление слов, не несущих полезной информации для классификации;
- расширенное удаление стоп-слов – удаление слов, часто используемых при составлении писем;
- лемматизации - сокращения слов до их корневой (словарной) форме путем удаления множественного числа из существительных, суффиксов из глаголов или других аффиксов.

Предложенный подход обрабатывает электронные письма, сохраняя наиболее ценные и полезные данные для дальнейшего процесса категоризации писем. Каждый из этих шагов предварительной обработки имеет решающее значение для подготовки электронной почты к надежной и точной классификации.

Эффективность влияния предложенного подхода предварительной обработке для классификации электронных писем оценивается с помощью наборы данных. Были рассмотрены различные размеры наборов данных, включая 500, 1000, 1500, 2000, 2500 и 3000.

По результатам тестирования, после удаления подписей в электронных письмах размер словаря уменьшился на 6,3%. После применения обычных методов предварительной обработки размер сократился на 14,7 %. После удаления стоп-слов размер уменьшился на 13,7 %, применение расширенного удаления стоп-слов уменьшил размер на 1,7 %, а лемматизация сократила размер на 3,5 % [5].

Заключение

Методы предварительной обработки данных играют важную роль при классификации писем электронной почты, как и методы извлечения признаков, выбора признаков и классификации. В данной работе рассматривается влияние методов предварительной обработки данных на эффективность классификации электронной почты. На самом деле, при правильном использовании метод предварительной обработки позволяет значительно улучшить результаты классификации. Предложенный подход уменьшил размер словаря на 11,5 % по сравнению с существующим подходом предварительной обработки и повышает точность классификаторов.

Список литературы

1. Shelatkar A. Intelligent Spam Detection Micro Service with Server Less Computing / Yadav N., Karve A. // International Journal of Research in Engineering, Science and Management, Volume – 1, Issue – 10, October – 2018. – P. 2581-5792.
2. Sharma A. Data Pre-Processing in Spam Detection / Manisha, Dr. Manisha, Dr. Rekha Jain // IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering, Volume – 1, Issue – 11, May – 2015. – P. 34-37.
3. Ruskanda F. Study on the Effect of Pre-processing Methods for Spam Email Detection/ Fariska Ruskanda // Indonesian Journal on Computing (Indo-JC), Volume – 4, Issue – 1, March – 2019. – P. 109-118.
4. Euna N.J. Content-based Spam Email Detection Using N-gram Machine Learning Approach / Hossain S.M., Anwar M., Sarker I.H. // Applied Intelligence for Industry 4.0, September 2021. – P. 176-187.
5. Kumara B.A. Improved email classification through enhanced data preprocessing approach / Kodabagi M., Choudhury T., Um J. // Spatial Information Research – 2021, Volume – 29, – P. 247–255.

Разработка тематического учебного портала русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг лицам с ограниченными возможностями здоровья по слуху

М. Г. Гриф, email: grifmg@mail.ru¹
О. О. Королькова, email: ookorol@mail.ru²

¹ Новосибирский государственный технический университет
² Новосибирский государственный педагогический университет

Аннотация. Рассмотрена текущая ситуация в России в области оказания государственных услуг лицам с ограниченными возможностями здоровья по слуху. Обоснована необходимость разработки тематического учебного портала как одного из средств социализации людей с ОВЗ по слуху. Описаны его возможности как системы компьютерного перевода терминов и текстов с русского языка на русский жестовый язык. Представлены этапы и направления реализации социально значимого проекта.

Ключевые слова: лица с ограниченными возможностями здоровья по слуху, русский жестовый язык, информационные ресурсы, машинный перевод, тематический учебный портал.

Введение

Русский жестовый язык (РЖЯ) является естественным языком, используемым для коммуникации людьми с нарушениями слуха, проживающими на территории Российской Федерации и частично на территории ряда стран – бывших республик Советского Союза. По данным Всероссийского общества глухих (ВОГ), в России проживает около 13 млн. людей с ограниченными возможностями здоровья по слуху, из них более 300 тыс. человек являются глухими.

Ежедневно эта категория лиц с ОВЗ практически во всех сферах жизнедеятельности сталкивается не только с трудностями в коммуникации со слышащими людьми [2], но и с невозможностью получения важной информации, например, объявлений, уведомлений и новостей, в звуковом формате. Кроме того, глухие люди испытывают проблемы с пониманием письменной информации, так как русский язык для многих глухих является вторым языком после родного для них русского жестового языка. Это усложняет коммуникацию в письменном виде, а также понимание информации в виде письменного текста.

Особенно ярко эта проблема проявляется при получении лицами с ОВЗ по слуху государственных услуг практически во всех сферах жизнедеятельности (образование, здравоохранение, общественный транспорт, государственные сервисы, культура и др.) в силу того, что они не всегда точно понимают смысл узких терминов в предоставляемых документах или в вопросах, которые могут быть заданы им работниками здравоохранения, например, при посещении поликлиник [3], или представителями правоохранительных органов, например, на месте происшествия или в суде [6].

1. Тематический учебный портал русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг по основным сферам жизнедеятельности глухих

Одним из путей обеспечения доступности получения государственных услуг глухими людьми, наряду с созданием баз данных, качественных систем перевода РЖЯ [3; 7; 8] и отраслевых тематических, в том числе учебных, словарей РЖЯ [1; 6], является реализация социально значимого проекта по созданию тематического учебного портала русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг в основных сферах жизнедеятельности глухих людей.

- В процессе реализации проекта будут решены следующие задачи:
- Разработка базы данных терминов по сферам жизнедеятельности людей с ОВЗ по слуху: образование, медицина, общественный транспорт, государственные сервисы, культура и другие.
 - Разработка базы данных типовых предложений, включающих термины в сферах жизнедеятельности людей, потерявших слух.
 - Разработка обучающих инструкций в сферах жизнедеятельности глухих людей.
 - Разработка программного обеспечения для 3D-визуализации отдельных жестов РЖЯ и непрерывного перевода текста на РЖЯ.
 - Разработка программного обеспечения для обучения показу терминов с привлечением средств распознавания РЖЯ.
 - Тестирование тематического учебного портала русского жестового языка.
 - Доработка тематического учебного портала русского жестового языка по результатам тестирования.
 - Разработка проекта лицензионного соглашения для интеграции портала на бесплатной основе в государственные ведомства.

В рамках гранта Новосибирского государственного технического университета (НГТУ) Приоритет 2030 на основе «Тематического словаря русского жестового языка» [5] разрабатывается новый учебный тематический словарь для глухих обучающихся, получающих высшее образование в НГТУ на уровне бакалавриата, создана база данных терминов по 6 дисциплинам [4], материалы которой могут быть использованы при реализации данного проекта для решения его первых двух задач (рис.1-4).

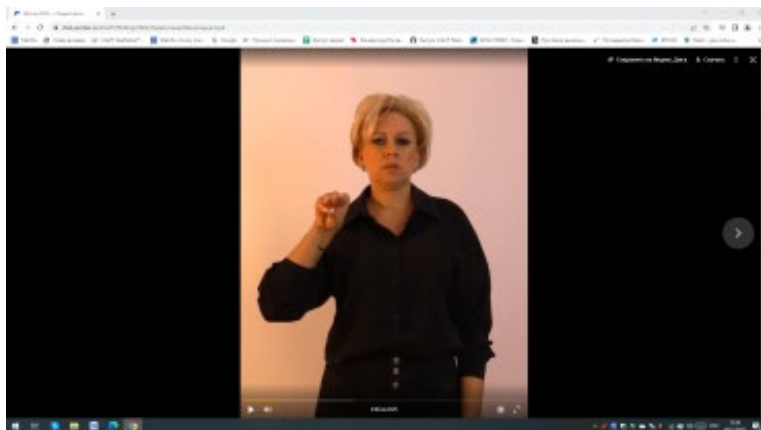


Рисунок. Жест АБИЛИТАЦИЯ

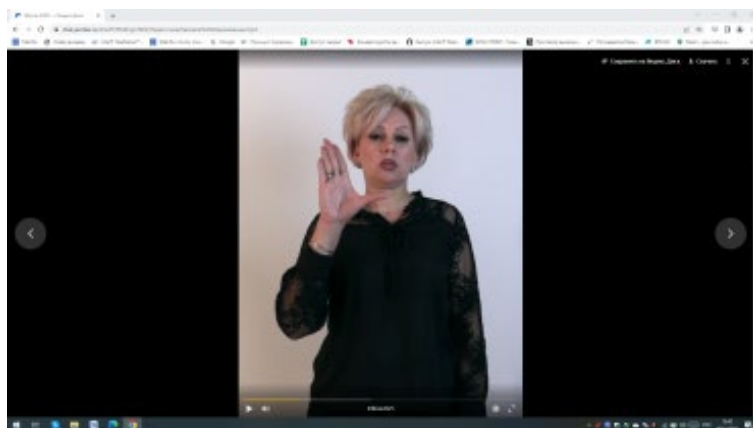


Рисунок. Жест БАЗОВОЕ ОБРАЗОВАНИЕ



Рисунок. Жест АДАПТАЦИЯ

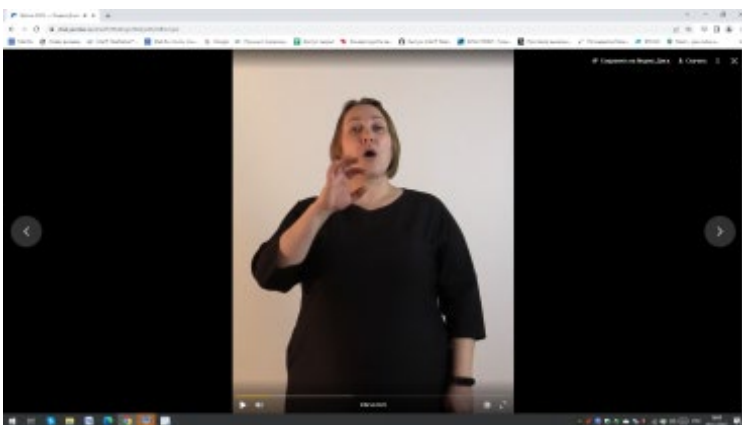


Рисунок. Жест ОГРАНИЧЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗДОРОВЬЯ

Тематический учебный портал даст возможность ознакомиться с основными терминами, обозначающими реалии социальной жизни, и их значениями, научиться их исполнению и использованию в типичных ситуациях. Кроме глухих граждан, продукт данного проекта будет полезен государственным органам по оказанию услуг гражданам с ОВЗ по слуху в любой сфере жизнедеятельности, так как позволит минимизировать время на формулирование, например, просьбы или

вопроса, а также на объяснение человеку, потерявшему слух, значения специального термина, использованного сотрудниками при ответе.

Качество созданного тематического учебного портала русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг по сферам жизнедеятельности глухих (образование, медицина, общественный транспорт, государственные сервисы, культура и другие), раскрывающего смысл терминов на русском и русском жестовом языках с использованием 3D-визуализации РЖЯ, содержащего перевод типовых предложений и обучающих инструкций на РЖЯ и позволяющего проводить обучение показу терминов с привлечением средств распознавания РЖЯ, будет обеспечено прохождением тестирования разработки с привлечением носителей РЖЯ и ведущих специалистов России в области теории и практики РЖЯ. Измерение качества портала будет осуществляться по следующим критериям:

- доступность и удобство использования;
- качество обучающего контента;
- результативность обучения;
- удовлетворенность пользователей;
- количество пользователей;
- расширение аудитории;
- активность сотрудничества с государственными органами;
- отзывы и рекомендации всех категорий пользователей.

После реализации настоящего проекта появится возможность использования полученных в нем результатов для создания двустороннего переводчика русского жестового языка.

2. Перспективные направления развития проекта

В дальнейшем развитии проекта по разработке тематического учебного портала русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг глухим можно выделить несколько направлений.

Первое направление – это расширение функциональности портала. Для этого необходимо провести анализ потребностей и запросов глухих людей в области получения государственных услуг. На основе этого анализа можно будет добавить новые разделы и функции на портале, которые будут полезны и удобны для пользователей, например, создать раздел с информацией о правах и льготах для глухих людей, а также инструкции по их получению, добавить раздел с образцами документов, которые необходимо предоставить при оформлении различных государственных услуг.

Второе направление – это улучшение качества обучения на портале. Для этого необходимо провести анализ уже имеющихся материалов и учебных курсов, представленных на портале и внести

необходимые корректировки. Также можно добавить новые виды обучающих материалов, например, видеолекции или интерактивные задания, которые позволят сделать процесс обучения более интересным, доступным и эффективным.

Третье направление – это расширение аудитории портала. Для этого необходимо провести маркетинговые исследования и разработать стратегию привлечения новых пользователей, например, можно проводить информационные кампании среди глухих людей, сотрудничать с организациями и учреждениями, которые занимаются поддержкой данной категории лиц с ОВЗ.

Четвертым направлением является создание мобильного приложения для портала. Это позволит сделать процесс обучения еще более удобным и доступным для пользователей. Мобильное приложение даст возможность получать доступ к материалам портала в любое время и в любом месте, что особенно важно для глухих людей, которые могут иметь ограниченную мобильность для посещения офисов государственных учреждений. Кроме того, важным шагом в развитии проекта будет сотрудничество с государственными органами и учреждениями, что обеспечит получение обратной связи от пользователей, необходимой для улучшения качества предоставляемых услуг. В рамках реализации данного направления развития проекта станет возможным проведение тренингов и семинаров для сотрудников государственных учреждений с целью повышения их компетентности в области коммуникации с глухими людьми и использования РЖЯ.

В целом дальнейшее развитие проекта будет направлено на повышение качества предоставляемых услуг и расширение доступности их для глухих людей. Реализация сформулированных направлений позволит сделать проект более эффективным и социально значимым.

Заключение

Таким образом, проект «Разработка тематического учебного портала русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг лицам с ограниченными возможностями здоровья по слуху» является актуальным и социально значимым междисциплинарным проектом, обеспечивающим социализацию глухих людей.

Список литературы

1. Гриф М.Г. Перспективные направления разработки электронных информационных ресурсов для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья по слуху/ М. Г. Гриф, О. О. Королькова // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы

XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгаинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 973–978.

2. Жестовые языки: Лингвистика и социальная инклюзия : монография / Л. В. Куликова, О. В. Магировская, С. А. Шатохина [и др.]. М. : ФЛИНТА, 2022. – 128 с.

3. Кагиров И.А. База данных русского жестового языка поликлинического предназначения: лингвистические особенности материала и аннотирования / И. А. Кагиров, Д. А. Рюмин // Вестник НГУ. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2022. – Т. 20, № 3. – С. 90–108.

4. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023620486 РФ. База данных учебных терминов на русском жестовом языке: № 2022623678: заявл. 15.12.2022 : опубл. 06.02.2023 / М. Г. Гриф, А. А. Бертик, О. А. Варинова [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Новосиб. гос. техн. ун-т. – 1 с.

5. Тематический словарь русского жестового языка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nisor.ru/snews/oa/catalog.html>

6. Файзуллина Э.Ф. К вопросу о переводе профессиональных терминов на жестовый язык / Э.Ф. Файзуллина, Т.Е. Ильичева // Современные исследования социальных проблем. – 2020. – Т. 12, № 5. – С. 211–219.

7. Харламенков А.Е. Создание «Электронной справочно-аналитической системы “Русско-жестовый толковый словарь”»: Монография / А. Е. Харламенков // Научные труды ЦНИИ русского жестового языка. – 2019. – № 1. – С. 29–119.

8. Аватар [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adaptis.pro/>

Расширение возможностей комплекса автоматизированной проверки работ по программированию путем применения поисковых сервисов и языковых моделей на базе искусственного интеллекта

Н. Д. Козулин, email: 301nikotrin301@gmail.com¹

С. А. Полицын, email: pul_forever@mail.ru¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

***Аннотация.** Статья посвящена расширению возможностей комплекса автоматизированной проверки практических заданий студентов по программированию. В статье описаны существующие подходы поиска заимствований из сети Интернет, а также приведено исследование применения языковых моделей на базе искусственного интеллекта для сравнения программ.*

***Ключевые слова:** статический анализ кода, обнаружение заимствований, языковые модели.*

Введение

Процесс обучения, как правило, состоит из теоретической и практической составляющей, предназначенной для закрепления и проверки пройденного материала. Чтобы практические задания выполняли свои задачи, необходимо контролировать оригинальность предоставляемых решений. В дисциплинах, связанных с программированием и проектированием, данная проблема не менее актуальна. При этом практически все из существующих программных решений в области проверки оригинальности работ ориентированы на анализ текстов на естественных языках (ЕЯ). При этом стандартные системы антиплагиата мало эффективны в поиске заимствований исходного кода программ, поскольку они не учитывают особенностей синтаксиса языков программирования (ЯП), позволяющих множеством способов скрыть заимствования в исходном коде программ, что приводит к необходимости применения специализированных средств поиска заимствований.

На кафедре 319 МАИ разработан и используется комплекс инструментов [1] для автоматизированной проверки работ студентов по программированию. Данный комплекс способен проверять корректность

присланных решений, соответствие исходного кода заданному стилю, а также наличие заимствований среди ранее сданных решений, относящихся к стандартным учебным задачам [2]. На данный момент комплекс может проводить сравнение только между присланными решениями, дополнительное использование внешних источников позволит расширить применение комплекса на более крупные учебные задачи.

1. Поиск заимствований в сети Интернет

Для организации поиска заимствований в сети Интернет необходимо провести интеграцию с поисковыми сервисами для нахождения источников с исходным кодом, который будет сравниваться с анализируемой программой. Опыт сервисов антиплагиата мог бы позволить выбрать способ интеграции с поисковиками, однако данные сервисы не предоставляют доступ к описанию своих алгоритмов работы [3]. На основе имеющейся информации можно выделить следующие группы методов поиска:

- Методы поиска на основе применения стандартных поисковых сервисов.
- Методы, использующие специализированные средства поиска схожего кода.

Примером применения методов поиска схожего текста на основе стандартных средств выступает отправка всей исследуемой программы прямо в поисковую машину [3] наподобие Яндексa, Google и других или уже в сервисы, интегрируемые в рамках автоматизации поиска, такие как Яндекс.XML и Google Alert, что является самым простым вариантом. Таким способом можно достаточно эффективно находить заимствования для текстов на ЕЯ [3], но, к сожалению, данный метод не подходит для применения при поиске схожего исходного кода программ, поскольку такие поисковые системы ориентированы на обработку текстов на ЕЯ, а не ЯП. Кроме того, наличие в текстах программ различных спецсимволов вынуждает производить дополнительное их экранирование, что бы поисковой запрос корректно обрабатывался. Помимо этого, полученные в рамках поиска ресурсы, как правило, содержат кроме исходного кода еще и обычный текст из-за чего возникает необходимость разработки решения автоматического разбора различных ресурсов для выделения кода для сравнения.

Следующий метод, использующий стандартные средства поиска, основывается на применении «алгоритма шинглов» [4] является наиболее распространенным. В рамках данного метода весь текст программы разбивается на наслаивающиеся друг на друга последовательности фиксированной длины, называемые

«шинглами», которые отправляются в виде запросов поисковой системе. В целом использование «шинглов» в запросах представляет собой более эффективный способ поиска, чем простая отправка всего текста целиком, но недостатки первого метода сохраняются, а также возникает необходимость обработки большого количества данных из множества ответов поисковика.

Альтернативой двум предыдущим методам выступает поиск по запросам, сформированным на основе условия задачи и ключевых слов. Данный метод избавляет от необходимости дополнительной обработки запросов, например, экранирования спецсимволов, но возникает дополнительная задача выделения ключевых слов и проблема наличия большого числа не релевантных результатов поиска.

Отличием методов, использующих специализированные поисковые сервисы, от методов со стандартными поисковиками выступает использование другого типа поисковых машин, упрощающих работу с исходным кодом. При этом способы формирования запросов поиска в обеих группах могут быть использованы одни и те же. Ключевыми особенностями специализированных поисковых сервисов выступает их специализация на текстах, написанных на ЯП, и наличие обширных баз с исходным кодом программ. Примерами подобных сервисов являются GitHub [5], GitLab [6] и их аналоги. В отличие от методов первой группы поиска схожего кода в сети Интернет использование специализированных средств поиска позволяет получать сразу репозитории с кодом в качестве результатов запросов, исключая необходимость разбора различных нерелевантных ресурсов. В дополнение к этому данные сервисы предоставляют программный интерфейс (API) для интеграции. Единственным недостатком данного метода выступает организация поиска только в рамках открытой кодовой базы используемого сервиса.

Проблему ограниченности области поиска решают сервисы, производящие поиск по множеству сторонних кодовых баз, в число которых входят и самые крупные: GitHub и GitLab. Searchcode [7] и Sourcegraph [8] являются представителями таких поисковиков, имеющие как платные, так и бесплатные возможности. Данные сервисы находятся в активной разработке, ошибки в них активно устраняются. Например, Searchcode лишен поддержки регулярных выражений в запросах в отличие от Sourcegraph и GitHub и может выдавать нерелевантные результаты по поиску идентичного кода. В тоже самое время, Sourcegraph обладает дополнительными возможностями поиска такими как использование регулярных выражений при поиске, поиск конкретных синтаксических конструкций вместе с комбинированием их

с регулярными выражениями. Но при всем разнообразии возможностей поиска по целым кодовым базам с их применением широкое использование Sourcegraph невозможно из-за ограниченности времени поиска одной минутой, что осложняет поиск даже по точному совпадению.

Поиск схожего кода в сети Интернет был апробирован на примере GitHub, поскольку данный сервис имеет большую базу кода для поиска (около 420 млн. репозитория), благодаря чему результаты запросов имеют большую вероятность оказаться релевантными, и возможности, позволяющие производить точный поиск и поиск с использованием регулярных выражений. Сам поиск проверялся на небольшом произвольном участке кода и реализации общеизвестного алгоритма сортировки пузырьком. Анализируемый исходный код построчно разбивался на запросы, а для поиска было выставлено ограничение в 100 источников на запрос. Результаты поиска представлены в табл. 1.

Таблица

Поиск схожего кода средствами сервиса GitHub

	Произвольный участок кода	Алгоритм сортировки пузырьком
Количество запросов поиска	95	45
Общее количество полученных результатов	3189	1888
Количество уникальных источников	625	844
Количество релевантных источников	1	20

Итоги проверки показывают, что поиск схожего кода по сервису GitHub может выдавать результат как для отдельного небольшого участка кода, так и для реализации алгоритма целиком.

2. Применение языковых моделей на основе искусственного интеллекта

В настоящее время быстро растет популярность языковых моделей на базе искусственного интеллекта, параллельно идет внедрение их в другие системы для решения различного рода практических задач. А

поскольку нынешнее поколение языковых моделей способно генерировать корректный код программ по описанию, необходимо учитывать и их решения в рамках задачи поиска заимствований в программном коде. Возможности сравнения кода программ проверялись на популярной языковой модели ChatGpt [9] версии 3.5, а также на ее отечественных аналогах от Яндекса и Сбера – YandexGpt2 [10] и GigaChat [11] соответственно.

В рамках тестирования был проведен ряд сравнений, первые из которых осуществлялись на тексте программы алгоритма пузырьковой сортировки. Данные тесты предназначены для выявления возможных мест нахождения языковой моделью заимствований различных типов:

1. Абсолютно идентичный код.
2. Код с измененными комментариями и форматированием.
3. Код с переименованными идентификаторами.
4. Код с перестановкой выражений.

ChatGpt справился с указанными тестами, указав в виде результата качественную оценку схожести программ, а также значение редакционного расстояния Левенштейна и описав найденные им отличия. Полученное перечисление отличий между двумя программами не всегда полное, например, данная языковая модель в некоторых сравнениях не указала отсутствие какого-либо комментария. В дополнение ко всему, ChatGpt смог понять, что за алгоритм ему присылается для сравнения. YandexGpt2 и GigaChat не справились уже со сравнением, не предоставив никакой численной меры результата, и при этом указав несуществующие различия. Так YandexGpt2 некорректно перечислил различия для исходного кода с измененным форматированием и комментариями. GigaChat, в свою очередь, смог найти «различия» между полностью идентичными программами.

Следующие тесты производились также на исходном коде небольшого размера (до 100 строк), но при этом не являющимся реализацией общеизвестного алгоритма. В рамках данных сравнений оценивалась возможность определения заимствований, замаскированных в виде декомпозиции схожего участка кода на функции. С данным тестом ChatGpt не справился, некорректно перечислив различия, часть из которых была позаимствована из предыдущих сравнений, а часть была некорректна, как например, наличие рекурсии в одной из программ. Помимо этого, сравниваемые программы были признаны непохожими из-за простейших структурных различий. Таким образом, данная языковая модель хоть и показывает себя лучше аналогов в сравнении программ, но все равно не может определять синтаксически модифицированные заимствования даже в

небольших программах. А с увеличением размера исходного кода увеличивается и сложность сравнения, не говоря уже о возможности использования механизмов наследования и полиморфизма для сокрытия заимствований.

Дополнительным тестом, выявляющим данную проблему, стало сравнение большого участка кода длиной в 1851 символ с отредактированными идентификаторами, с которым ChatGpt также не справился, не предоставив никакой оценки схожести, кроме редакционного расстояния Левенштейна.

Кроме того, рассмотренные языковые модели обладают еще рядом недостатков, затрудняющих сравнение больших многофайловых программ. Данными недостатками выступает ограничение длины запроса и отсутствие возможности загрузки файлов.

Помимо сравнения языковые модели на базе искусственного интеллекта могут быть применены для обнаружения программ, написанных ими же. Данный процесс осуществим путем сравнения анализируемой программы со сгенерированным по постановке задачи языковой моделью кодом.

Проверка определения наличия сгенерированного кода в программе проводилась на нескольких небольших задачах из курса «Программирование» с помощью имеющегося инструмента сравнения программ [2], к сравниваемым решениям которых были добавлены сгенерированные при помощи ChatGpt, YandexGpt2 и GigaChat. Такое сравнение (табл. 2) показало, что генерируемые решения одной и той же языковой моделью больше похожи друг на друга, чем на решения, написанные реальными людьми. Но при этом разными языковыми моделями не всегда генерируется схожий код по одной и той же постановке задачи.

Таблица

Определение средней доли уникальности решений

	ChatGpt 3.5	YandexGpt2	GigaChat
Сравнение сгенерированных решений	0,15	0,58	0,4
Сравнение сгенерированных решений с рукописными	0,55	0,6	0,62

У ChatGpt сгенерированные решения сильнее всех похожи друг на друга, на что скорее всего повлиял формат взаимодействия – у YandexGpt может быть только один чат с одним контекстом. В то же самое время код ChatGpt корректно выполняется и является самым компактным, а у YandexGpt код не всегда соответствует условию задачи и иногда даже не компилируется. Код сгенерированный GigaChat при получении примера корректной работы программы, как правило, генерирует решения под частный случай, указанный в примере, но не решает задачу целиком.

При этом сгенерированные работы любой рассмотренной языковой модели в среднем отличаются от решений, написанных студентами, на 59%, в то время как оригинальность самих рукописных работ составила 47% в рамках рассматриваемой задачи, что позволяет их использовать для поиска заимствований. А поскольку код, сгенерированный разными языковыми моделями, отличается друг от друга для наиболее полного поиска заимствований необходимо добавить для каждой задачи в набор проверяемых решений несколько примеров кода, каждой используемой языковой модели.

3. Расширение возможностей комплекса автоматизированной проверки работ путем использования внешних источников

В рамках задачи расширения применения комплекса автоматизированной проверки на лабораторные и курсовые работы необходимо добавить в него возможность поиска заимствований из внешних источников. Внешними источниками выступают сеть Интернет и языковые модели на базе искусственного интеллекта. Для поиска в сети Интернет хорошо показал себя сервис GitHub, позволяющий производить точный поиск и поиск с использованием регулярных выражений. Помимо этого, GitHub имеет большую базу кода для поиска, благодаря чему результаты запросов имеют большую вероятность оказаться релевантными.

Языковые модели в качестве источника будут применяться для определения сгенерированного ими кода в сданных решениях. Данный процесс возможно реализовать путем добавления в набор решений для сравнения кода, сгенерированного всеми выбранными языковыми моделями. На основе проведенного анализа ChatGpt показал самые хорошие результаты по правильности сгенерированных решений, а также его отечественные аналоги: YandexGpt и GigaChat, которые продолжают развиваться, но пока уступают лидеру.

Заключение

В рамках расширения возможностей комплекса автоматизированной проверки работ по программированию были проанализированы методы организации поиска схожего текста в сети Интернет. В рамках этих методов был рассмотрен ряд используемых поисковых сервисов, среди которых выделяются популярные сервисы контроля версий GitHub и GitLab, выделяющиеся более релевантными результатами по сравнению с другими поисковиками из-за наличия своих больших кодовых баз и отсутствием ограничения на время поиска результатов. Также был протестирован поиск схожего кода сервиса GitHub на произвольном небольшом участке кода и на реализации общеизвестного алгоритма, показавший свою эффективность.

Помимо этого, были исследованы возможности различных языковых моделей на базе искусственного интеллекта в рамках сравнения исходного кода программ. Также было протестировано определение наличия сгенерированного кода в представленных решениях путем добавления сгенерированных языковыми моделями по постановке задач решений. В итоге было выяснено, что языковые модели не могут справиться с сравнением исходного кода программ, но их можно использовать для определения наличия сгенерированного кода в полученных решениях.

Также были определены способы расширения функциональности комплекса автоматизированной проверки работ по программированию путем добавления возможностей поиска заимствований в сети Интернет и использования в процессе сравнения решений, сгенерированных языковыми моделями. Таким образом, будут учтены все типы источников, что позволит учитывать при проверке комплексом наибольшее число заимствований.

Список литературы

1. Данилова И. И. Применение автоматизированных тестов и инструментов статического анализа в информационной системе проверки программ в рамках обучения программированию / И. И. Данилова, С. А. Полицын // Информатика: проблемы, методология, технологии: Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции, Воронеж, 14-15 февраля 2019 года / Под ред. Д.Н. Борисова. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 921-926.

2. Козулин Н. Д. Проектирование системы обнаружения заимствований в программах студентов / Н. Д. Козулин // Гагаринские чтения – 2022: Сборник тезисов работ международной молодёжной

научной конференции XLVIII, Москва, 12-15 апреля 2022 года. – Москва: Издательство "Перо", 2022. – С. 253-254.

3. Дягилев В. В. Архитектура сервиса определения плагиата, исключая возможность нарушения авторских прав / В. В. Дягилев, А. А. Цхай, С. В. Бутаков // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2011. – Т. 9. – № 3. – С. 23-29.

4. Broder A. On the resemblance and containment of documents / A. Broder // Compression and Complexity of Sequences (Италия, Салерно, 13-13 июня 1997 г.) – Салерно. 1997. – С. 21-29.

5. GitHub [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://github.com>

6. GitLab [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://gitlab.com>

7. searchcode [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://searchcode.com>

8. Sourcegraph [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://sourcegraph.com>

9. ChatGpt [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://chat.openai.com/>

10. YandexGpt2 [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа : <https://ya.ru/gpt/2>

11. GigaChat [Электронный ресурс]: официальный сайт программного продукта. – Режим доступа: <https://developers.sber.ru/gigachat/>

Парадигматический анализ в рамках исследования исторической лексикологии русского языка

А. А. Кретов, email: kretov@rgph.vsu.ru¹

С. А. Ермаков, email: sergey-ermakov.1811@mail.ru²

¹ Воронежский государственный университет

² Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г. Ф. Морозова

***Аннотация.** В статье представлено описание метаязыка, предназначенного для компьютерной классификации лексики, а также пример парадигматического анализа как составной части ПАЛа (Параметрический Анализ Лексики) в рамках исследования исторической лексикологии русского языка. В качестве иллюстративного примера используется лексика из произведения Е. Г. Водозазкина «Лавр».*

***Ключевые слова:** историческая лексикология, параметрический анализ лексики, системная стратификация текста, семантические константы, семантические переменные.*

Введение

Историческая лексикология изучает процессы изменения в лексико-семантической системе языка, включая формирование новых слов, изменение значений слов, заимствования из других языков и т.д. Для того, чтобы исследовать процессы в лексико-семантической системе языка, необходимо стратифицировать лексику по её системному (т.е. системообразующему) весу.

Лексико-семантическая стратификация позволяет определить место слова в иерархии лексико-семантической системы языка – его принадлежности к малому, среднему, большому ядру, ядру текста или периферии.

Инструментом системной стратификации лексики является ПАЛ – Параметрический Анализ Лексики, предложенный В. Т. Титовым [7-8].

Параметрический анализ включает в себя измерение веса лексико-семантических единиц по следующим параметрам: функциональный (длина слова), парадигматический (количество синонимов слова), синтагматический (количество устойчивых сочетаний слова), эпидигматический (количество деривационных производных). И только

полный учет всех четырех указанных параметров даёт представление о положении слова в иерархии лексико-семантической системы языка.

Объект исследования – нарративный текст (1266 слов) из произведения Е. Г. Водолазкина «Лавр» [1].

1. Метаязык

В работе используются семантический метаязык, предназначенный для компьютерной классификации лексической семантики, что является крайне удобным при работе с большим множеством лексических единиц, и лексикографические источники (толковые словари).

Теоретической базой создания метаязыка является положение представителей Московской семантической школы о том, что семантика конкретного естественного языка должна строиться на основе ограниченного подязыка самого естественного языка [2], в нашем случае русского.

При создании метаязыка за основу было принято «древо Порфирия», основанное на категориях Аристотеля и имеющее много общего с «наивной картиной мира», отраженной в языке [3]. Структура данного подхода позволяет последовательно разделять понятия от высших к низшим и от общего к частному, что в свою очередь позволяет проводить их структурированное описание, например:

человек > форма (тело) > верх (голова) > внутри (мозг) > функция (думать).

Поскольку метаязык предназначен для семантической классификации, т.е. для обобщения, а не для различения лексических значений, нижним пределом обобщения выбран синонимический ряд метаслов или множество эквонимов (метаслов с общим гиперонимом), например:

«артефакт; зрение; вид» > бинокль, подзорная труба, телескоп, микроскоп, лорнет, пенсне, монокль, очки, контактные линзы.

Основной единицей метаязыка считается существительное как наименее маркированная часть речи.

Путем интерпретации классификаторов (ключевых слов метаязыка) были получены 9 классов семантических констант: «стихия», «натурфакт», «растения», «животные», «человек», «артефакт», «ментефакт», «социум», «сверхъестественное» и «прочее».

Также выделено 18 классов семантических переменных (см. табл. 1).

Семантические переменные

Род	Вид-1	Вид-2	Вид-3	Вид-4	Вид-5
оператор	нет	"-" = и	"/" = или		
движение					
действие	цель	результат			
количество	число	много	мало	пара	
мереология	целое	часть	элемент	род	вид
норма	больше	меньше			
отношение	содействие	антагонизм	собственность		
оценка	плохо	хорошо	своё	чужое	
пространство	место	верх	низ	перед	зад
процесс					
свойство	форма	цвет	чувство	пол	вес
стабильность	всегда	изменчивость			
субстанция	твёрдое	жидкое	газообразное		
существование	продукт	условие			
фаза	начало	конец	середина	продолжение	
время	тогда	сейчас	потом		
форма	круг	линия	шар	точка	
функция	назначение				

Взаимодействие лексико-семантических констант и переменных дает новый класс сущностей – метаязыковые дериваты, например:

человек; форма > тело,
голова; часть; перед > лицо.

Синтаксис метаязыка строго структурирован:

- в метаязыковом толковании семантическая константа всегда занимает первое место;
- первое место может занимать уже описанное с помощью метаязыка метаслово (семантический дериват), например: ГЛАЗ – лицо; часть; верх; пара.

- следующие позиции занимают переменные или истолкованные ранее метаслова, например:
КРАСНОРЕЧИЕ – человек; свойство; речь; хорошо.
- определение следует за определяемым, отрицание – за отрицаемым, например:
ЗНАТЬ – человек; наличие; ментефакт,
НЕ ЗНАТЬ – человек; наличие; ментефакт.
- члены дефиниции могут повторяться, например:
МОЗГ – голова; часть; внутри; часть; верх.

2. Парадигматический анализ

Парадигматический анализ является наиболее сложным, длительным и трудоемким процессом ПАЛа и определяется количеством синонимов слова.

Ввиду того что лексика исследуемого текста ограничена (1266 лексических единиц), маловероятно присутствие в данном тексте большого количества синонимов. Для определения парадигматического веса было принято решение использовать более широкое понятие, нежели синонимический ряд, а именно: эквонимы (когипонимы с общим гиперонимом).

После описания посредством метаязыка МинТеМ (Минимально Текстואльно Маркированной) лексики, осуществляется ее сортировка для выявления семантических множеств, основанные на тождестве как можно большего числа метаслов.

Первой анализируем классификацию по константам (см. рисунок).

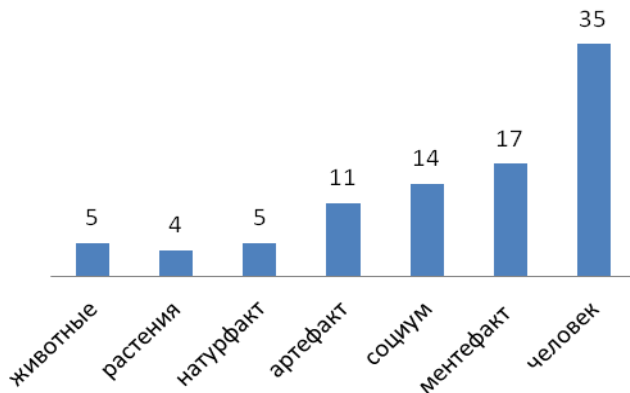


Рисунок. Распределение семантики МинТеМ лексики по константам

После определения принадлежности слов к классу констант работа проводится в рамках каждого класса.

Для примера рассмотрим поиск семантически однородных множеств в классе «Животные». Класс «Животные» представлен пятью словами (см. табл. 2):

Таблица 2

Класс «Животные»

ВОЛК	животное	вид		
КРЫЛО	животное	часть	туловище	пара
ПАВЛИН	животное	вид		
ПАВЛИНИЙ	животное	свойство		
ПЕРО	животное	часть	снаружи	множество

Как видно из табл. 2, ВОЛК и ПАВЛИН объединены семантической переменной «вид», в то время как ПЕРО и КРЫЛО имеют общую семантическую переменную «часть». Однако, общность данных пар довольно абстрактна. Тогда как слово ПАВЛИНИЙ совсем не имеет общих семантических переменных ни с одним словом. Таким образом, трудно говорить о наличии в классе «Животные» системно существенных парадигматических связей.

Для поиска аргументов, в пользу наличия таких связей, в исследовании используются лексикографические источники (толковые словари). Начнём с анализа толкований этих слов в наиболее авторитетных словарях.

ВОЛК – «Хищное животное семейства псовых, обычно серой окраски, родственное собаке» [4];

КРЫЛО – «У птиц и насекомых – орган, служащий для летания по воздуху» [5];

ПАВЛИН – «Крупная южноазиатская птица семейства фазановых, с пестрым ярким оперением и большим распускающимся хвостом (у самцов)» [6];

ПАВЛИНИЙ – «Относящийся к павлину» [6];

ПЕРО – «Роговое нажное образование у птиц, представляющее собой полый стерженек с пушистыми отростками по бокам» [6].

Как видим, в определениях слов КРЫЛО, ПАВЛИН и ПЕРО включено слово ПТИЦА. Также и толкование слова ПАВЛИНИЙ содержит указание на ПАВЛИНА → ПТИЦУ.

Очевидно, что слова КРЫЛО, ПАВЛИН, ПАВЛИНИЙ и ПЕРО имеют общий гипероним – ПТИЦА.

Следовательно, в классе «Животные» можно констатировать наличие парадигматических связей у слов КРЫЛО, ПАВЛИН, ПАВЛИНИЙ и ПЕРО. И только слово ВОЛК их не имеет.

Заключение

– Представленные в данной статье подходы к использованию метаязыка и парадигматического анализа лексики являются эффективными инструментами для выявления семантических множеств;

– Метаязык представляет собой специфический вид определений, предназначенных для компьютерного анализа лексики и обобщения, а не для различения лексических значений;

– Только комбинирование использования метаязыка и лексикографических источников (толковых словарей) в исследовании позволяет достичь наиболее точных результатов, что особенно важно при работе с большими множествами лексических единиц.

Список литературы

1. Водолазкин Е. Г. Лавр / Е. Г. Водолазкин. – М.: «Издательство АСТ», 2012. – 448 с.

2. Кретов А.А. К проблеме создания метаязыка семантического описания лексики / А. А. Кретов, Е. Н. Подтележникова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2014, – № 4. – С. 5–10.

3. Кретов А.А. Опыт метаязыкового описания семантических констант русской лексики / А. А. Кретов, Е. Н. Подтележникова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2016, – № 4. – С. 5–10.

4. Словарь русского языка: В 4-х т. / АН СССР, Ин-т рус. яз.; Под ред. А. П. Евгеньевой. – 3-е изд. стереотип. – М. : Русский язык, 1985–1988. – Т. 1. А – Й. 1985. – 696 с.

5. Словарь русского языка: В 4-х т. / АН СССР, Ин-т рус. яз.; Под ред. А. П. Евгеньевой. – 3-е изд., стереотип. – М.: Русский язык, 1985–1988. – Т. 2. К-О. 1986. – 736 с.

6. Словарь русского языка: В 4-х т. / АН СССР, Ин-т рус. яз.; Под ред. А. П. Евгеньевой. – 3-е изд., стереотип. – М. : Русский язык, 1985–1988. – Т. 3. П – Р. 1987. – 752 с.

7. Титов В.Т. Общая квантитативная лексикология романских языков / В.Т. Титов. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2002. – 237 с.

8. Титов В.Т. Частная квантитативная лексикология романских языков / В.Т. Титов. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2004. – 551 с.

Оценка времени на исправление дефекта с помощью векторного поиска

С. С. Масленникова, email: sveta.maslennikova@gmail.com

В. В. Коротков, email: chasecrunk@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

***Аннотация.** В данной работе рассматривается задача оценки времени, затраченного на исправление дефекта, с помощью векторного поиска и больших языковых моделей. В качестве набора данных использовался открытый Public Jira Dataset.*

***Ключевые слова:** Оценка времени на тикет, большая языковая модель, векторный поиск.*

Введение

Оценка времени, затраченного на реализацию задач в процессе разработки проекта, является значимым аспектом планирования. Более точная оценка способствует более эффективному управлению ресурсами, определению сроков завершения проекта и улучшению процесса разработки. Также она позволяет управлять ожиданиями заказчика и команды разработчиков. Несоответствие между ожиданиями и реальностью может привести к задержкам в проекте, неудовлетворенности заказчика и команды разработчиков.

Одной из ключевых проблем при оценке времени выполнения задач является необходимость сбора команды разработчиков и привлечения опытных коллег, а также затраты времени на анализ каждой задачи. Однако по мере разработки проекта возникают и накапливаются дефекты, которые также требуют оценки времени выполнения. В результате команде необходимо планировать время выполнения не только сложных и больших задач, но и относительно простых и однотипных. Таким образом, применение автоматизации позволяет сократить оценку большого количества дефектов. В данной работе рассматривается подход к оценке времени, основанный на векторном поиске.

1. Анализ и выбор данных для обучения

В качестве набора данных используются выборки из Public Jira Dataset [1]. Jira — это система отслеживания задач, которая широко используется компаниями для управления проектами и процессами.

Public Jira Dataset представляет собой коллекцию общедоступных репозиторий Jira, которые хранятся в виде дампа MongoDB. Среди представленных репозиторий был выбран репозиторий Spring, как один из самых крупных, и входящие в него проекты INT и BATCH.

В качестве датасета для решения задачи оценки времени, потраченного на дефект, из данных проекта были выбраны тикеты, относящиеся к наиболее активному этапу разработки. Для проекта INT это период с 31.10.2007 по 01.01.2009, а для проекта BATCH - с 31.03.2008 по 01.05.2009.

Затем данные были разделены на обучающую и тестовую выборки. В обучающую выборку для проекта INT вошли тикеты, созданные до 01.09.2008, для проекта BATCH - тикеты, созданные до 25.01.2009. Остальные данные использовались в тестовой выборке. Из обучающей выборки также дополнительно были исключены тикеты, на которые было потрачено менее 30 минут или более 16 часов.

2. Схема валидации

Для оценки качества работы оценки времени будет использоваться следующий подход. На обучающей выборке будет посчитано среднее время, потраченное на тикет. Затем это среднее значение будет использовано в качестве бейзлайна для оценки времени на тестовых данных.

В качестве метрики используется Mean Absolute Error. Выбор обусловлен ее большей робастностью по сравнению с MSE. Среди тикетов иногда встречаются аномально длинные, несмотря на то, что большая часть дефектов решается менее чем за 8 часов. Чтобы снизить их влияние на итоговую оценку, используется MAE.

3. Векторный поиск с использованием больших языковых моделей

Векторный поиск — это новая возможность индексирования, хранения и извлечения векторных представлений текста. Он может применяться в различных задачах, начиная с рекомендательных систем и заканчивая построением графа знаний [2]. Система с векторным поиском и большими языковыми моделями основана на создании векторных представлений слов и фраз в тексте, или эмбеддингов, с использованием нейронных сетей, таких как BERT или GPT.

Основные этапы работы такой системы можно описать следующим образом [3]:

- Векторизация текста. Текст преобразуется в векторное представление, или эмбеддинг. Для этого часто используются большие языковые модели (LLM, Large Language Model).

- Построение индекса. На этом этапе считается расстояние между всеми векторами, например, косинусное. Эта информация потребуется для ускорения поиска.
- Векторизация запроса пользователя. Поисковый запрос также преобразуется в эмбединг с помощью той же модели, что и в п.1.
- Поиск по векторным пространствам. Запрос пользователя сравнивается с другими документами в коллекции. Среди них определяются самые релевантные.
- Улучшение релевантности результатов поиска. В качестве дополнительного этапа может быть произведено ранжирование результатов поиска, чтобы показать пользователю наиболее релевантные результаты.

Как упоминалось ранее, для получения векторного представления текста часто используются большие языковые модели. Они имеют ряд преимуществ в сравнении с другими подходами представления текста в системе с векторным поиском:

- Понимание контекста и смысла за счет обучения на больших корпусах текстов.
- Универсальность. Большие языковые модели могут работать с различными языками и синтаксическими структурами текста.

Таким образом, векторный поиск с применением больших языковых моделей – это метод, который позволяет эффективно работать с большими коллекциями данных, так как он использует оптимизированные вычисления для работы с представлениями данных. Это позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на поиск и обработку данных. Кроме того, он может улучшить точность и релевантность результатов поиска, так как способен обнаруживать и извлекать контекстуально похожую информацию из данных. Результаты поиска, в свою очередь, могут быть использованы как для выдачи пользователю, так и как часть системы RAG – Retrieval-Augmented Generation, позволяющей добавлять специфичные для области знания, для дальнейшей обработки.

4. Выбор технологий. Описание экспериментов

Перед началом экспериментов необходимо выбрать модель, с помощью которой текст будет преобразовываться в эмбединги. Для этого можно воспользоваться рейтингом MTEB. Он охватывает 8 различных задач, связанных с получением эмбедингов, и охватывает в общей сложности 58 наборов данных и 112 языков [4]. Так как основная цель в задаче оценки времени - извлечение признаков из текста, то

модель следует искать в секции Retrieval. В результате была выбрана модель BAAI/bge-large-zh-v1.5 [5]:

- Модель подходит для английского языка, а язык датасета – английский.
- Она занимает лидирующие позиции в рейтинге моделей по извлечению информации из текста.
- Это относительно небольшая модель с быстрым инференсом, что позволяет использовать ее без GPU и облегчает внедрение и развертывание.

Прототип реализован с помощью фреймворка langchain [6] и векторной базы данных Chroma [7]. Langchain позволяет быстро прототипировать приложения с большими языковыми моделями. Chroma является одним из самых популярных решений среди векторных баз данных и также отлично подходит для быстрого прототипирования за счет простоты установки и использования.

В ходе экспериментов необходимо установить, насколько хорошо оценка времени на основе векторного поиска работает в рамках одного проекта. Для этого потребуется найти эмбединги для тикетов каждого из проектов, а затем на соответствующем тестовом наборе посчитать затраченное время при базовой оценке и при оценке среднего времени среди найденных наиболее похожих тикетов.

Также в ходе экспериментов необходимо оценить обобщенность и переносимость решения между проектами. Для этого векторный поиск обучается на одном из проектов, а затем оценка времени проходит на другом проекте.

Наконец, требуется выяснить, насколько обобщенные данные с обоих проектов помогут в оценке времени. Для этого поиск наиболее релевантных тикетов будет производиться сразу по обоим проектам.

Таблица

Результаты описанных экспериментов представлены в таблице.

	INT train + INT test	BATCH train + BATCH test	INT train + BATCH test	BATCH train + INT test	INT BATCH train + INT test	INT BATCH traint + BATCH test
Baseline	2.49	2.14	1.76	2.73	2.60	1.94
Векторный поиск	2.44	1.80	1.67	2.65	2.42	1.90

Итак, по результатам экспериментов видно, что подход работает лучше, чем оценка по усредненному времени, если модель обучалась под конкретный проект. Для проекта WATCH видим значительные улучшения.

Также из результатов экспериментов видно, что модель переносима между проектами и может быть использована на новом проекте. Несмотря на то, что изначально она была настроена под другой проект, при применении на новых задачах она по-прежнему дает более точную оценку, чем усредненное время.

Наконец, обучение модели на обоих проектах сразу позволяет незначительно улучшить оценку относительно бейзлайна. Причины такой работы требуют дополнительного исследования и сравнения выборок.

Таким образом, лучшие результаты можно получить при обучении модели под конкретный проект. Также полученную модель можно использовать на другом проекте до тех пор, пока не будет накоплено достаточно данных для обучения.

Заключение

В данной работе был рассмотрен подход к оценке времени на исправление дефекта. Он показал свою эффективность и перспективность в рамках проведенных экспериментов. Полученные результаты можно попытаться улучшить с помощью таких подходов, как:

- Ранжирование результатов поиска.
- Разделение текста тикета на компоненты (текст и код) для более точного поиска.
- Использование дополнительной информации о тикете, такой как затронутые компоненты, срочность и т.д.

Также в дальнейшем планируется рассмотреть поведение модели при дообучении на завершившихся спринтах, смоделировать постепенное дообучение на новом проекте и оценить минимальное количество данных для корректной работы.

Список литературы

1. Набор данных The Public Jira Dataset [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <https://doi.org/10.5281/zenodo.5901804>
2. High-Throughput Vector Similarity Search in Knowledge Graphs / J. Mohoney [и др.] // arXiv:2304.01926 . – arXiv, 2023.
3. LIA-RAG: a system based on graphs and divergence of probabilities applied to Speech-To-Text Summarization / E. Linhares Pontes, J.-M. Torres-Moreno, A. Linhares // arXiv:1601.07124 . – arXiv, 2015.

4. MTEB: Massive Text Embedding Benchmark / N. Muennighoff [и др.] // arXiv preprint arXiv:2210.07316. – arXiv, 2022.
5. C-Pack: Packaged Resources To Advance General Chinese Embedding / S. Xiao [и др.] // arXiv preprint arXiv:2309.07597. – arXiv, 2023.
6. Документация фреймворка langchain [Электронный ресурс]: документация. – Режим доступа: <https://www.langchain.com/>
7. Документация векторной базы данных Chroma [Электронный ресурс]: документация. – Режим доступа: <http://trychroma.com/>

Конвергенция кибер-когнитивных систем и технологий

В. Ф. Минаков, email: m-m-m-m-m@mail.ru¹

Т. Е. Минакова, email: t.e.minakova@mail.ru²

О. Ю. Дудко, email: shepeleva-olga@list.ru¹

¹ Санкт-Петербургский государственный экономический университет

² Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. Установлено формирование тренда опережающего развития и использования в практической деятельности инноваций, основанных на кибер-когнитивных технологиях. В их состав входят технологии генеративного искусственного интеллекта, промышленной и сервисной робототехники, прорывные сквозные технологии, использующие смарт-решения. Показана их ключевая роль в обеспечении экономического роста, повышения эффективности реального сектора экономики, качества товаров и услуг. Выявлено повышение роли когнитивно-технологических инноваций в формировании поведения акторов экономики.

Ключевые слова: когнитивные технологии, кибер-физические системы, искусственный интеллект, робототехника, смарт-решения, конвергенция.

Введение

Конвергенция информационных и когнитивных технологий, как показала практика последнего десятилетия, стала ключевым направлением инноваций в производстве, науке, образовании, быту. Именно это направление формирует новый технологический уклад Индустрии 4.0 [1], результатом которого стал такой объем валового продукта национальных экономик большинства стран мира, который многократно превосходит прожиточный минимум их населения. По нашим расчетам валовой внутренний продукт Российской Федерации в 6 раз больше уровня прожиточного минимума населения. Очевидно, что особая роль в конвергентных процессах информационных и когнитивных технологий принадлежит искусственному интеллекту и кибер-физическим системам [2, 3], сближение и единство которых и образует кибер-когнитивные системы.

Интегральным показателем роста интереса и внимания к когнитивным технологиям является число запросов «ChatGPT» в Интернете, динамика которого показана на рисунке 1.

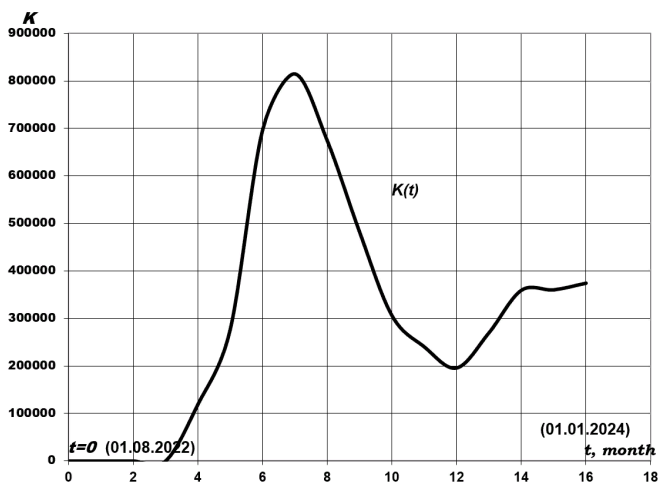


Рисунок. Ажиотажный рост запросов «ChatGPT» (построено авторами по данным сервиса Яндекс <https://wordstat.yandex.ru/>)

Кибер-когнитивные технологии в экономике и управлении

Конвергенция кибер-физических и когнитивных систем ярко выражена в робототехнике. Роботизированные смарт-решения в экономике повысили производительность труда, эффективность бизнес-процессов, выполняя работы быстрее и с более высокой точностью (по сравнению с персоналом предприятий), в условиях повышенных температур, агрессивных сред [4]. Очевидно, что роботизированные системы не требуют перерывов и отдыха, сопоставимых с человеком. Их работа по технологиям Интернета вещей (IoT) позволяет оптимизировать процессы в режиме реального времени, что в конечном счете обеспечивает экономический рост [5].

Особое значение приобретают адаптивные характеристики роботизированных смарт-решений, так как конъюнктура рынков, экзогенные условия деятельности предприятий столь изменчивы, что их оценка на базе когнитивных функций человека требует длительного времени, что недопустимо в реальных условиях [6]. Кибер-когнитивные системы реагируют на такие изменения практически мгновенно, и главное – значительно точнее [7].

Отметим особую роль когнитивных технологий в процессе поддержки и принятия решений, распознавания состояний, обработки больших данных, решения сложных задач анализа [8]. Мыслительные процессы человека, как показывает практика, достаточно часто

сопряжены с когнитивными искажениями. В результате субъекты управления попадают в когнитивные ловушки. Отсюда недостаточная адекватность восприятия объективной реальности, вытекающие из этого иррациональные решения, а соответственно – убытки со всеми вытекающими последствиями. Так, многие десятилетия двадцатого века инвестиции в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы Индустрии 3.0 делались без оценок каждого проекта, его рисков. Концепция инвестирования основывалась на статистике прошлых лет, которая показывала, что портфели инновационных проектов были окупаемы и более того, приносили высокую прибыльность за счет достаточно стабильной доли успешных проектов. Такая закономерность была характерна для экономик Японии (что позволило обеспечить так называемое «японское чудо»), Германии, США. Особенно наглядно это проявилось в Силиконовой Долине США (самый успешный кластер инноваций), где для инвестирования стартапов был учрежден Silicon Valley Bank. Но в 2023 г. он, следуя традиционной стратегии инвестирования на валовой основе, этот банк обанкротился.

Очевидно, что изменения на рынках инновационных продуктах (особенно, информационно-технологических), требуют адаптивных методов анализа и учета новых реалий таких рынков [9]. Как показала практика, они оказались непосильными для аналитиков названного банка. Они требуют использования кибер-когнитивных систем и технологий, которые уже достаточно успешно используются другими кредитными организациями (Тинькофф банк, и вслед за ним – многими другими). Их роль становится ключевой в условиях не только беспрецедентно быстрых изменений на рынках, но радикальном их характере – аналогов текущей ситуации на рынках не наблюдалось, что собственно исключает полезность следования традиционным методам управления [10]. Это подтверждает и банкротство Детройта – лидера прошлого на рынке автомобилестроения.

Тренд распространения когнитивных технологий

Глобальные изменения, происходящие перманентно на мировых рынках, а также формирование новых рынков (например, многочисленных криптовалют и активов на платформах блокчейн), слом условий и правил взаимодействия акторов на таких рынках закономерно понижают эффективность традиционных методов генерирования актуальных знаний и поведения на их основе. С другой стороны, появление промышленных и торговых роботов, а с 2023-го года – лавинообразный рост использования когнитивных нейронных сетей генеративного типа, сформировали предпосылки для тренда лавинообразного распространения кибер-когнитивных систем в

экономике и управлении. Голосовые боты и помощники с распознаванием образов, голоса, смыслов, задач, выбором путей их решения массово принимают заказы клиентов, одновременно вовлекают исполнителей в решение задач обслуживания клиентов, включая многочисленные задачи логистики. Успешно такие боты работают даже в медицине, начиная от вызова врача при заболеваниях пациентов, заканчивая участием в диагностике, а затем управлении ходом назначенного лечения. Доминирование интеллектуальных систем в транспортных навигаторах уже воспринимается пользователями как закономерность и принимается в практике вождения автотранспорта. Кредитные организации получают более точные оценки заемщиков не только по кредитным историям, но и кибер-когнитивными системами и технологиями, выполняющими анализ больших данных с выборкой сведений о поведении клиентов из открытых сетей, включая социальные. Более того, даже решения о выдаче кредитов банки передают кибер-когнитивным системам, причем, многолетняя практика показала, что такие решения более обоснованы и приносят большую прибыль.

Встречный тренд к конвергенции и широкому использованию кибер-когнитивных систем формируется стремлением современного человека, особенно в экономической деятельности, передать задачи, требующие использования собственных когнитивных функций, интеллектуальным ИТ-решениям, результатам их анализа или генерирования ими актуального знания, снижающего неопределенность, а соответственно, энтропию, в процессе принятия решений. Очевидно, что в этом случае производители и торговые организации используют «подталкивание» клиентов к покупкам (Nudge-маркетинг), выгодным для себя. Тем не менее, выводы и заключения, формируемые кибер-когнитивными системами по запросам клиентов, достаточно часто принимаются пользователями, особенно в случаях таргетированных предложений, ориентированных на возможности, особенности, предпочтения, включая нетрадиционные и даже откровенно порочные (а криптовалюты позволяют реализовывать такие приобретения).

Отметим, что большую роль в лавинообразном распространении когнитивных нейронных сетей сыграла компания OpenAI. Ее успех и стремительный рост посетителей сайта (их число на 17.01.2024 г. превысило 1 млрд. 600 млн. по данным <https://www.similarweb.com/ru/website/openai.com/#demographics>) поддерживает гигант ИТ-индустрии Microsoft. Компания инвестировала 1 млрд. долл. США в ChatGPT. Более того, запланировано довести инвестиции до 10 млрд. долл. США. В обмен компания Microsoft

получит право использования ChatGPT в своей поисковой системе [2]. Аналогичная кибер-когнитивная технология использована компанией Google. Яндекс и Сбер достаточно успешно вывели на рынок свои генеративные интеллектуальные решения YaGPT и GigaChat соответственно.

Следя такому тренду, компания Samsung в 2024 году вывела на рынок конвергентное ИТ-решение нового типа: смартфоны с искусственным интеллектом Galaxy AI. Смартфоны по определению являются конвергентными гаджетами смарт-типа, в которых максимально сближены и объединены функции телефона, фото и видеосъемки, звукозаписи и воспроизведения и т. д. Наличие операционной системы смартфона позволяет пользователям загружать индивидуальный набор программных приложений, отвечающих личным потребностям (от мобильного банкинга, торговых сервисов до интеграции с умным домом и умными устройствами, системами навигации и т.п.) Но Galaxy AI сближает смарт функции Galaxy S24 уже с искусственным интеллектом, причем, даже без выхода его в Интернет. Важно заметить, что интеллект Galaxy AI генерирует нужную пользователю информацию не только по запросам, но и без таковых, определяя состояние смартфона, задачи, решаемые пользователями, помогая своими интеллектуальными сигналами и сообщениями использовать функции гаджета максимально эффективно. Учитывая широкое масштабирование Galaxy AI в смартфонах, можно говорить о беспрецедентных масштабах конвергенции когнитивных и информационных технологий в жизни человека. Вовлеченными в конвергентные кибер-когнитивные технологии окажутся сотни миллионов человек. Разработка и применение аналогов конкурентами – производителями смартфонов еще больше увеличит аудиторию таких пользователей.

Весьма своевременным в решении задачи проникновения кибер-когнитивных систем в экономику является комплекс поручений президента РФ правительственным органам от 17.01.2024 г., направленный на финансирование и разработку систем «искусственного интеллекта, в том числе больших генеративных моделей» <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/73282>.

Заключение

Кибер-когнитивные системы и технологии в виде конвергентных решений становятся драйвером формирования производственных систем Индустрии 4.0 с новыми возможностями для бизнеса, экономического роста, общества. Они порождают процессы цифровой трансформации экономики, обеспечивающие ежегодный прирост

глобального ВВП в триллионы долларов США. При этом, конвергенция кибер-когнитивного типа проявляется и дает максимальный эффект в экономиках государств с высоким уровнем цифровой зрелости. Важно отметить, что те акторы экономики, которые сформировали навыки использования конвергентных кибер-когнитивных решений, отличаются более высокими доходами, остальные рискуют рабочими местами, замещением и вытеснением их интеллектуальными устройствами и системами.

Список литературы

1. Борисов В.Н. Развивающее импортозамещение как следствие роста конкурентоспособности инвестиционной техники / В. Н. Борисов, О. В., Почукаева // Развитие территорий. – 2021. – № 2 (24). – С. 10-18.
2. Путькина Л.В. Применение искусственного интеллекта в управлении предприятием // В сборнике: Цифровая трансформация в экономике и управлении. сборник научных трудов. – Санкт-Петербург, – 2021. – С. 31-35.
3. Путькина Л.В. Применение решений искусственного интеллекта в создании кроссплатформенного и высокотехнологичного предприятия // В сборнике: Информатика: проблемы, методы, технологии. материалы XXIII Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2023. – С. 723-729.
4. Новицкая В.Д. Логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции / В. Д. Новицкая. // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2018. – № 1. – С. 30-34.
5. Новицкая В.Д. Логистика НИОКР: тенденции и перспективы развития / В. Д. Новицкая. // В сборнике: Форсайт логистики: будущее логистики глазами молодых ученых. сборник материалов международной форсайт-сессии. – 2018. – С. 168177.
6. Minakova T. E. Improving reliability of power supply of mineral-raw-material complex / T. E. Minakova. // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Сер. «International Conference on Innovations, Physical Studies and Digitalization in Mining Engineering, IPDME 2020». – 2021. – P. 012032.
7. Minakova T. E. Power production efficiency in chains of added value // В сборнике: Проблемы и тенденции развития информационных и производственных систем. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 36-39.
8. Бобрышева О. В. Единые цифровые платформы для «умного города» / О. В. Бобрышева, В. Н. Борисов // Развитие территорий. – 2023. – № 1 (31). – С. 28-34.

9. Glinskiy V. Analysis of the digital transformation influence on the economic growth of the region / V. Glinskiy, L. Serga, S. Tsurikov, V. Plotnikov // В книге: Economic and Social Development. Book of Abstracts. – 2020. – P. 41-42.

10. Глинский В.В. Модельное представление регулируемой дифференциации региональных социально-экономических систем / В. В. Глинский, Л. К. Серга, М. А. Алексеев // Регионоведение. – 2023. – Т. 31. – № 3 (124). – С. 477-497.

Определение объема активной лексики индивида (на материале «Полного собрания сочинений» В. И. Ленина)

В. А. Оганисян, email: lera.oganisyan@mail.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной работе исследуются закономерности роста словаря индивида на основе корпуса, состоящего из пятидесяти пяти томов «Полного собрания сочинений» (1893-1923) В. И. Ленина. Цель исследования – определить предельный объём активной лексики известной исторической личности.*

***Ключевые слова:** лемматизация, корпус текстов, предельный размер словаря, коэффициент лексического разнообразия, идиолект, закон Ципфа, частотный словарь*

Введение

В современных лингвистических исследованиях все чаще используются возможности информационных технологий. Они позволяют анализировать большие массивы данных, таких как авторский корпус текстов. Исследование корпуса, состоящего только из текстов, порожденных одним человеком, даст возможность охарактеризовать его идиолект – совокупность особенностей речи конкретной личности. Чем больше корпус текстов, в которых отражен идиолект человека, тем полнее и богаче информация о зависимости между размером корпуса и богатством словаря индивида.

В связи с этим, «Полное собрание сочинений» В. И. Ленина (т. 1-55, 5 изд., М., 1960-65; далее ПСС-5) даёт едва ли не уникальную возможность исследовать эту закономерность.

Цель исследования – оценить влияние размера метакниги (корпуса текстов) на результаты прогнозирования роста словаря индивида – на материале ПСС-5 В. И. Ленина. Исследуется только русский словарь Ленина – слова, написанные кириллицей.

В работе использован метод моделирования и прогнозирования роста словаря индивида, предложенный в статьях А. А. Кретьова, И. П. Половинкина и их соавторов [1-6].

Исследование проводилось в пять шагов, на каждом из которых осуществлялся прирост корпуса на примерно равную часть – на 11 томов. В данной работе описан последний шаг исследования.

Ранее реальный размер активного словаря Ленина по «Полному собранию сочинений» был определён в 37.500 слов [7]. Попыток же определить размер предельного (при котором прирост словаря пренебрежимо мал) активного словаря Ленина, насколько известно, ещё не предпринималось.

1. Реальный и предельный размер словаря

Для определения реального и предельного размера словаря В. И. Ленина были взяты все пятьдесят пять томов ПСС-5, общая длина которого составляет 4.504.182 словоупотребления.

В ходе исследования осуществлялось наращивание корпуса посредством конкатенации текста для получения его длины (в словоупотреблениях) и определения приростареального размера словаря (в леммах – словарных формах, представляющих всю парадигму слова в словаре).

Лемматизация (приведение слов к их начальной форме) была осуществлена с помощью программы MyStem, разработанной компанией «Яндекс». Данная программа позволила получить из частотного словаря словоформ частотный словарь лемм. Несмотря на свои преимущества, у нее есть и недостатки. После приведения слов к лемме, необходимо провести проверку полученного частотного словаря, ведь программа склоня выделять начальные формы слов иногда неверно.

Также использовались возможности электронных таблиц MS-Excel, в которых были проведены необходимые расчёты и построены графики.

Важной характеристикой, позволяющей отследить прирост новых слов по мере наращивания корпуса текстов, является "коэффициент лексического разнообразия" (КЛР, англ. lexicaldiversity, LD). Он представляет собой количественную характеристику текста, отражающую степень богатства словаря при построении текста заданной длины. В основе данного показателя лежит отношение количества лемм к количеству их употреблений в тексте.

Для получения реального и предельного размера словаря В.И. Ленина необходимы суммарные (кумулятивные) значения размера метакниги и словаря. Эти данные приведены в табл. 1.

Таблица

Прирост новых слов и покрываемого ими текста

Том	Год	Длина	Слов	КоЛеР	ДлКум	СлКум	КуКоЛеР
T01	1893-1894	108604	7090	0,0653	108604	7090	0,0653

Продолжение таблицы

Том	Год	Длина	Слов	КоЛеР	ДлКум	СлКум	КуКоЛеР
T02	1895-1897	104156	7435	0,0714	212760	10124	0,0476
T03	1896-1900	104507	6499	0,0622	317267	12057	0,0380
T04	1898 - 1901 апрель	96831	7177	0,0741	414098	13716	0,0331
T05	1901 май - 1901 декабрь	78779	7392	0,0938	492877	15307	0,0311
T06	1902 январь - 1902 август	87138	7031	0,0807	580015	16455	0,0284
T07	1902 сентябрь -1903 сентябрь	67412	6358	0,0943	647427	17260	0,0267
T08	1903 сентябрь - 1904 сентябрь	91709	6419	0,0700	739136	18171	0,0246
T09	1904 июль - 1905 март	73290	6651	0,0907	812426	18995	0,0234
T10	1905 март - 1905 июнь	66348	6001	0,0904	878774	19560	0,0223
T11	1905 июль - 1905 октябрь	83662	6516	0,0779	962436	20190	0,0210
T12	1905 октябрь - 1906 апрель	79341	6515	0,0821	1041777	20759	0,0199
T13	1906 май - 1906 сентябрь	84668	6731	0,0795	1126445	21390	0,0190
T14	1906 сентябрь - 1907 февраль	85065	6416	0,0754	1211510	21930	0,0181
T15	1907 февраль - 1907 июнь	81166	6338	0,0781	1292676	22404	0,0173
T16	1907 июнь - 1908 март	100383	7778	0,0775	1393059	23146	0,0166
T17	1908 март - 1909 июнь	92905	7386	0,0795	1485964	23693	0,0159
T18	1908-1909	88082	5960	0,0677	1574046	24616	0,0156
T19	1909 июнь - 1910 октябрь	87222	6638	0,0761	1661268	25072	0,0151
T20	1910 ноябрь - 1911 ноябрь	87962	7287	0,0828	1749230	25628	0,0147
T21	1911 декабрь - 1912 июль	98711	7589	0,0769	1847941	26151	0,0142
T22	1912 июль - 1913 февраль	71716	6977	0,0973	1919657	26606	0,0139
T23	1913 март - 1913 сентябрь	79352	7534	0,094944	1999009	27154	0,01358
T24	1913 сентябрь - 1914 март	70025	6329	0,090382	2069034	27511	0,0133
T25	1914 март - 1914 июль	85754	6754	0,07876	2154788	27852	0,01293
T26	1914 Июль - 1915 август	73282	6240	0,085151	2228070	28218	0,01266
T27	1915 август - 1916 июнь	85504	6649	0,077762	2313574	28742	0,01242
T28	1915 - 1916	113221	11533	0,101863	2426795	32440	0,01336
T29	1895 - 1916	122894	8791	0,071533	2549689	33670	0,01321

Окончание таблицы

Том	Год	Длина	Слов	КоЛеР	ДлКум	СлКум	КуКоЛеР
T30	1916 июль - 1917 февраль	80682	6232	0,077242	2630371	33944	0,0129
T31	1917 март - 1917 апрель	86941	5805	0,066769	2717312	34197	0,01258
T32	1917 май - 1917 июль	82557	6215	0,075281	2799869	34452	0,01229
T33	1917 - 1918	50706	4418	0,08713	2850575	34632	0,01214
T34	1917 июль - 1917 октябрь	94706	6816	0,07197	2945281	34911	0,01185
T35	1917 октябрь - 1918 март	72738	6035	0,082969	3018019	35218	0,01167
T36	1918 март - 1918 июль	115722	7039	0,060827	3133741	35541	0,01134
T37	1918 июль - 1919 март	116168	7299	0,062831	3249909	35867	0,01104
T38	1919 март - 1919 июнь	91509	6135	0,067043	3341418	36059	0,01079
T39	1919 июнь - 1919 декабрь	96741	6596	0,068182	3438159	36353	0,01057
T40	1919 декабрь - 1920 апрель	74060	5853	0,079031	3512219	36597	0,01042
T41	1920 май - 1920 ноябрь	94486	6656	0,070444	3606705	36846	0,01022
T42	1920 ноябрь - 1921 март	86724	6254	0,072114	3693429	37181	0,01007
T43	1921 март - 1921 июнь	83265	5861	0,07039	3776694	37469	0,00992
T44	1921 июнь - 1922 март	78832	6387	0,08102	3855526	37837	0,00981
T45	1922 март - 1923 март	82006	6495	0,079202	3937532	38203	0,0097
T46	1893 - 1904	89469	7032	0,078597	4027001	38873	0,00965
T47	1905 - 1910 ноябрь	52703	5408	0,102613	4079704	39188	0,00961
T48	1910 ноябрь - 1914 июль	58398	6039	0,103411	4138102	39635	0,00958
T49	1914 август - 1917 октябрь	72950	6125	0,083962	4211052	40071	0,00952
T50	1917 октябрь - 1919 июнь	43559	5499	0,126243	4254611	40682	0,00956
T51	1919 июль - 1920 ноябрь	38622	5385	0,139428	4293233	41266	0,00961
T52	1920 ноябрь - 1921 июнь	37747	5036	0,133415	4330980	41726	0,00963
T53	1921 июнь - 1921 ноябрь	43798	5019	0,114594	4374778	42101	0,00962
T54	1921 ноябрь - 1923 март	60697	6180	0,101817	4435475	42496	0,00958
T55	1893 - 1922	68707	5818	0,084678	4504182	43138	0,00958

В табл. 1: N – текущее значение размера словаря; ΔN – приращение словаря, то есть количество новых уникальных слов при добавлении новых текстов в корпус; M – текущее значение размера корпуса; ΔM – приращение размера корпуса, то есть количество словоупотреблений в добавляемом в корпус тексте; Y_{TTR} – текущее значение КЛР.

2. Полученные результаты

Благодаря проведенной конкатенации, был получен реальный размер словаря В. И. Ленин, который равен 43138 словам. Данное значение является неточным, только предварительным. Необходимо провести проверку полученного частотного словаря.

Также задачей исследования является определение предельного (при нем прирост словаря пренебрежимо мал) объема активной лексики В. И. Ленина, достижение которого достигается при приращении словаря близком к нулю.

Для исследования используется линия тренда – логарифмическая зависимость (рис. 1 и 2). Полученная функция тренда приравняется нулю и затем решаются полученные уравнения.

После проведения расчетов, мы узнаем, что размер текста корпуса, при котором достигается предельный размер словаря В. И. Ленина, примерно составляет 6 367176 слов. Предельный же размер самого словаря индивида равен «прогнозно» 49020 словам.

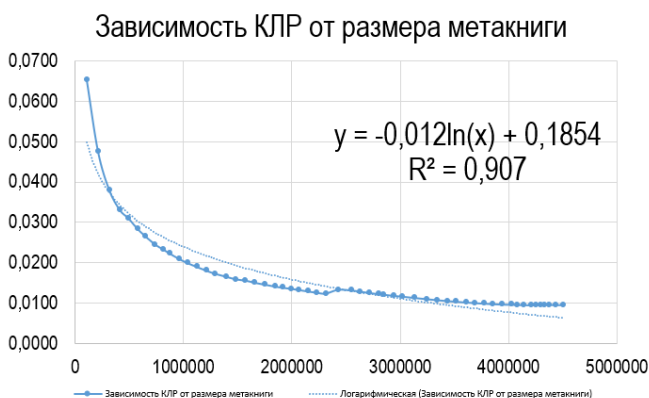


Рисунок. Динамика КЛР в корпусе работ В. И. Ленина при присоединении к корпусу новых томов

Зависимость КЛР от размера словаря индивида

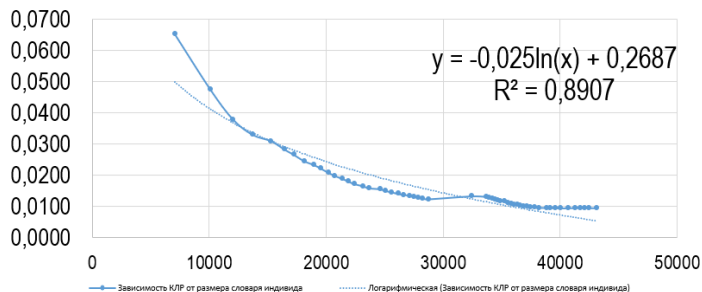


Рисунок. Зависимость КЛР от размера словаря В. И. Ленина

Необходимо провести проверку полученных результатов (рис. 3), чтобы удостовериться в их правильности. Для проверки прогноза используется вариант закона Ципфа.

$$N = AM^\beta,$$

где N – размер словаря, M – размер текста, $0 < \beta < 1$. По данным таблицы устанавливается степенная зависимость вида:

$$N = 31,717M^{0,4683}$$

Подставив в формулу размер метакниги, мы получаем новую оценку предельного размера словаря В. И. Ленина – 48706 слов. Данное значение отличается от того, которое мы получили ранее при использовании КЛР.

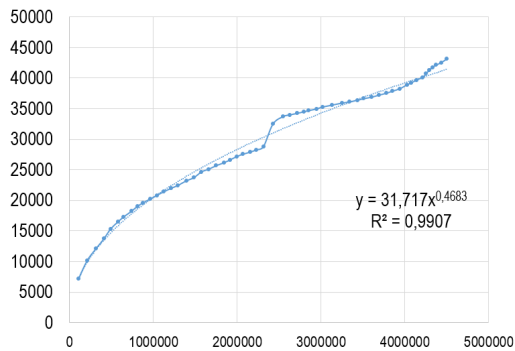


Рисунок. Зависимость размера словаря от размера корпуса текстов В. И. Ленина

Найдем абсолютную и относительные погрешности.
Абсолютная погрешность равна разности полученных значений предельного словаря.

$$49020 - 48706 = 314$$

Посмотрим, чему равна относительная погрешность.

$$\frac{49020 - 48706}{48706} \times 100\% \approx 1\%$$

Заключение

В ходе исследования определён предельный размер словаря В. И. Ленина на основе корпуса текстов 55 томов «Полного собрания сочинений» (1893-1923). Он находится в интервале 48.706-49.020, т.е. округленно около 48.900 слов. Длина текста, при которой достигается предельный размер словаря, равна 6 367 176 словоупотреблениям.

Список литературы

1. Кретов А. А., Ломец М. В., Половинкин И. П. Возможный алгоритм вычисления предельного размера словаря писателя. / Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2021. С. 133-145.
2. Кретов А.А., Половинкина М.В., Половинкин И.П., Ломец М.В. О моделировании изменений языка. / Современные методы теории функций и смежные проблемы, 2021. С. 173-174.
3. Кретов А.А., Половинкина М.В., Половинкин И.П., Ломец М.В. О некоторых количественных характеристиках фрактальности в языке. / Информатика: проблемы, методы, технологии, 2020. С. 1627-1634.
4. Кретов А.А., Половинкин И.П., Ломец М.В. Абсолютное и относительное «богатство словаря» на примере произведений Л.Н. Толстого. / Математика и междисциплинарные исследования – 2020. С. 200-203.
5. Кретов А.А. и др. Лексическое богатство словаря В.В. Набокова / А.А. Кретов, И.П. Половинкин, Н.А. Касимова, М.В. Половинкина // Электронный научный журнал «Квантитативная филология», Смоленск: Смоленский Центр квантитативной филологии, 2021, № 1. С. 39-48. DOI 10.35785/0000-0000-2021-1-39-48.
6. Кретов А.А. и др. О предельном размере словаря и фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина / А.А. Кретов, М.В. Половинкина, И.П. Половинкин, Н.А. Касимова // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXII международной научно-методической конференции / под редакцией

Д.Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 10-12 февраля 2022 г. – Воронеж : «ВЭЛБОРН», 2022. – С. 1146-1154.

7. Словарь языка В. И. Ленина : [В 2 т.] / АН СССР, Ин-т рус. яз.; Отв. ред. П. Н. Денисов. - М. : Наука, 1987. - 22 см.[Ч. 1]: А - Одолжение. - Москва : Наука. - 592 с.[Ч. 1]: А - Одолжение. - Москва: Наука. - 592 с. [Ч. 2]: Одряхлеть - Ящичек. - Москва: Наука. - С. 595-1189,[2].

8. Филин Ф. П. О словаре языка В.И. Ленина. // Вопросы языкознания, 1974, № 6. С. 3-10.

9. Даниленко В.П. и др. Словарь языка В.И. Ленина / В.П. Даниленко, В.Н. Хохлачева // Русская речь, 1975. № 2. С. 3-10.

10. Денисов П.Н. Богатство языка В.И. Ленина / П.Н. Денисов // Русская речь, 1983. № 2. С. 3-10.

11. Петерс Я. Как создавался «Словарь языка В.И. Ленина» // Regla, 2007, № 39.

12. Папп Ф. Количественный анализ словарной структуры некоторых русских текстов // Вопросы языкознания. 1961. № 6. С.93-100.

13. Папп Ф. О машинной обработке одноязычных словарей // Научно-техническая информация. 1969. - №3. - Сер.2. - С. 53-56.

Система компьютерного зрения для распознавания языка жестов

В. И. Пименов, email: v_pim@mail.ru¹
А. С. Шахова, email: anyta.shakh01@gmail.com¹
И. В. Пименов, email: i-pim@mail.ru²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

² Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *Рассматриваются технологии машинного обучения и средства реализации системы компьютерного зрения для распознавания русского жестового языка и перевода жестов в текст или речь. Используются инструменты, имеющие открытый исходный код.*

Ключевые слова: *язык жестов, инклюзивная коммуникация, компьютерное зрение, машинное обучение, нейронная сеть.*

Введение

В России около 10% населения страны страдает нарушениями слуха разной тяжести, из них трудоустроено около 30% человек. Согласно закону РФ от 19.04.1991 N 1032-1 (ред. от 19.11.2021) "О занятости населения в Российской Федерации", доля людей с инвалидностью в штате организации должна составлять от 2 до 4 процентов работников.

Для коммуникации с инклюзивными сотрудниками используется язык жестов. В российском жестовом языке порядка 10 тысяч символов, поэтому его изучение является труднореализуемой задачей.

Решение задачи коммуникации людей с ограниченными возможностями возможно с помощью системы компьютерного зрения, в которой применяются технологии распознавания жестов и их дальнейший перевод в текст или речь. Существующие системы компьютерного зрения для перевода языка жестов в текст в большинстве своем не поддерживают русский язык или находятся на стадии тестирования [1, 2].

Системы распознавания жестов могут быть использованы при обучении детей с нарушениями слуха и речи, для их общения с окружающими людьми. Они также могут быть применены в

медицинских учреждениях для обеспечения коммуникации между пациентами и медицинским персоналом. Кроме того, системы компьютерного зрения могут быть использованы в общественных местах, таких как вокзалы, аэропорты, торговые центры и т.д.

1. Основные задачи системы компьютерного зрения для распознавания жестов

Система компьютерного зрения для распознавания жестов использует камеру для захвата изображения положения рук и тела и работает на основе алгоритмов машинного обучения. Основными задачами системы являются захват изображений, обнаружение жестов, анализ движений и конвертация жестов в соответствующий текст.

Обучающая выборка содержит данные с результатами правильной интерпретации жестов. Данные могут быть собраны вручную или с помощью датчиков движения и камеры.

Для обнаружения рук и жестов на видео и изображениях используются алгоритмы, которые находят контуры рук/ тела/ лица и определяют их положение и ориентацию в пространстве.

Далее система анализирует движения рук и жесты, используя нейронные сети или метод опорных векторов для классификации жестов.

После распознавания жеста система выполняет его конвертацию в соответствующий текст. Решение данной задачи должно учитывать ряд особенностей русского жестового языка: после распознавания жестов на русский язык все слова представляются в начальной форме, все существительные, если они не употребляются в составе устойчивого жеста-выражения, например, «две недели», распознаются в именительном падеже; почти не используются предлоги, союзы и частицы; к жесту-глаголу добавляются жесты, обозначающие время; на первое место ставится существительное, а потом прилагательное его описывающее; наличие жестов принадлежности и предназначения.

2. Технологии реализации основных модулей системы компьютерного зрения

Основным средством разработки системы компьютерного зрения выбран язык программирования Python. Он имеет необходимые библиотеки и инструменты для машинного обучения, обработки и анализа данных, понятную документацию и синтаксис [3, 4]. В качестве интегрированной среды разработки IDE используется PyCharm.

Для разработки графических интерфейсов системы выбрана библиотека PyQt, ввиду ее удобства и наличия приложения-конструктора QtDesigner. Макеты сохраняются в виде .ui файлов,

которые импортируются в проект методом `loadUi()`, вследствие его простоты и возможности динамического внесения изменений.

Распознавание языка жестов в текст, озвучивание полученного текста, ответ путем конвертации голоса в текст, автоматическое занесение произнесенных фраз в текстовый документ и создание заметок на основе распознанного текста осуществляются с помощью следующих инструментов и библиотек:

- библиотеки компьютерного зрения OpenCV, используемой для обработки видеопотока и распознавания жестов;
- открытой платформы для машинного обучения TensorFlow, используемой для обучения системы компьютерного зрения распознаванию жестов;
- библиотеки компьютерного зрения MediaPipe, используемой для получения данных из видеопотока о положениях рук и принимаемых позах;
- библиотеки для работы с аудио PyAudio, используемой для реализации записи сообщения и последующей конвертации его в текст;
- морфологического анализатора Pymorphy2, используемого для поиска необходимых частей речи, их склонения или спряжения;
- легковесной СУБД SQLite, которая позволяет хранить данные о пользователях и созданных ими заметках;
- модули PyQt6, QtTextToSpeech со встроенным API для Windows SAPI (speech API) для реализации функции озвучивания текста без использования интернета, с помощью встроенных головок озвучивания Windows.

3. Данные для обучения системы компьютерного зрения

Подготовка данных для обучения системы состоит из следующих этапов:

- сбор данных;
- очистка данных;
- разметка данных, добавление описательных элементов;
- аугментация – дополнение датасета, а также размывание, добавление бликов, шумов, замена фона на изображении.

Данные хранятся в формате видеоизображений или массива Numpy.

При использовании видеоизображений для надежного обучения системы необходимо в качестве источника данных использовать носителей языка разных полов, возрастов, национальностей и телосложений, что увеличивает запрашиваемый объем памяти и затраты на создание системы.

С помощью библиотеки MediaPipe Holistic можно получить данные о положении рук, тела и мимике человека на видео, а посредством библиотеки Numpry – сохранять полученные данные в массив.

Определение положения тела человека на изображении осуществляется с помощью характерных точек, соединенных в виде графа. Например, определение позы руки на видео выполняется с помощью 21 точки на каждой руке (рис. 1). Граф накладывается на соответствующие координаты кисти рук на видео [5].

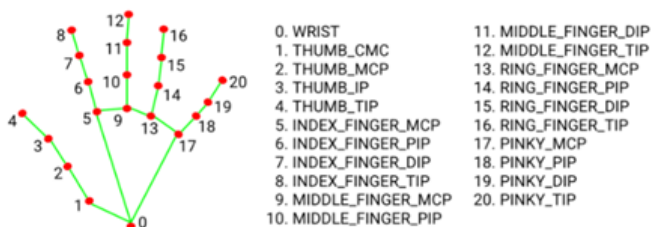


Рис. 1. Характерные точки на изображении кисти руки

Подобным образом, на основе 468 точек, отслеживается мимика собеседника и, на основе 33 точек, – положения тела (рис. 2).

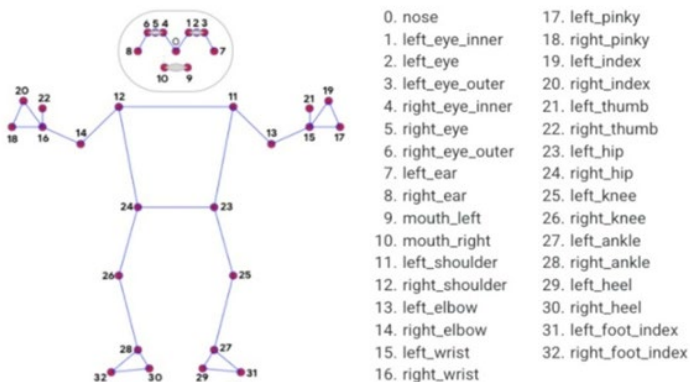


Рис. 2. Характерные точки на фигуре собеседника

В случае если какие-то точки не видны на изображении, их координаты принимаются равными 0.

Сбор и хранение данных в виде массивов Numpry не требует графического процессора при обучении системы.

4. Реализация системы компьютерного зрения для распознавания жестов

Обучение нейросетевой модели распознавания жестов выполнялось на подготовленных данных в формате массивов numpy. Каждый жест представляет 30 видео по 30 кадров в каждом. После обучения весовые коэффициенты нейронной сети загружаются для распознавания с помощью метода `load_model()`.

Распознавание жестов в системе происходит с помощью библиотеки OpenCV, и встроенных элементов библиотеки PyQt (рис. 3).

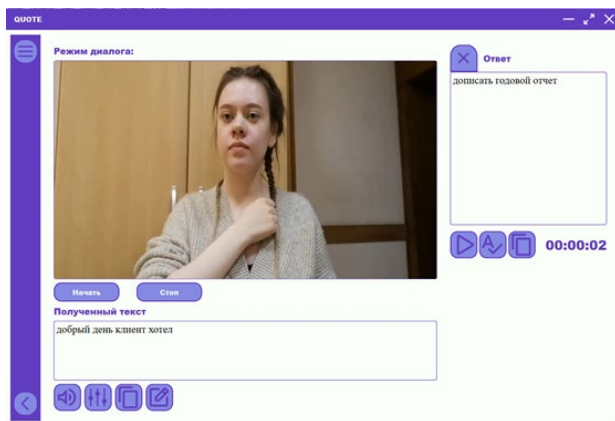


Рис. 3. Диалог с помощью системы компьютерного зрения

Для корректного распознавания предложений, в которых встречается глагол в прошедшем времени, определяется пол человека, показывающего жесты. С этой целью используется обученная модель определения пола по фотографиям `caffe`.

Результаты предсказаний добавляются в массив и выполняются преобразования для увеличения читабельности распознанного текста. Сначала убираются повторяющиеся слова, далее ищутся глаголы и, при необходимости, выполняется согласование времени. Если перед глаголом нет существительного, но есть местоимение «я», используется заранее определенное значение пола пользователя, полученное при переводе жестов.

Например, результат распознавания жестов «добрый день», «добрый день», «клиент», «клиент», «хотеть», «уже», «изменить», «изменить», «договор», «я», «я», «я», «послать», «послать», «уже», «исправления» после обработки будет иметь вид: «добрый день клиент хотел изменить договор я послала исправления».

На основе распознанного текста можно создать заметку. Собеседнику можно ответить с использованием функции, которая позволяет конвертировать звуковое сообщение в текст. Соответственно, сохраняются записи всех диалогов пользователей системы.

Заключение

Перспективы развития систем компьютерного зрения для обеспечения инклюзивной коммуникации связаны с реализацией ряда функций:

- автоматическая расстановка знаков препинания в распознанном тексте;
- поддержка обслуживания мобильных устройств;
- расширение списка распознаваемых жестов для использования в быту, общественных местах или медицинских организациях;
- поддержка слабовидящих пользователей (голосовое управление системой; автоматическое озвучивание переведенных сообщений; голосовой помощник).

Список литературы

1. Хнюнин М. В. Система распознавания жестов в реальном времени с использованием MediaPipe / М. В. Хнюнин, М. Г. Гриф // XXIII международная научно-практическая конференция “Информатика: проблемы, методы, технологии»” (IPMT-2023). – Воронеж, 2023. – С. 1097-1102.
2. Рюмин Д. А. Подходы к автоматическому распознаванию жестовой информации: аппаратное обеспечение и методы [Электронный ресурс] / Д.А. Рюмин, И.А. Кагиров // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 3(40). – С. 82-99. – Режим доступа: <https://doi.org/10.34131/MSF.21.3.82-99>
3. MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking [Электронный ресурс] / Fan Zhang et al. // CVPR Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality, Seattle, WA, USA. – 2020. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2006.10214>
4. Germeç Mustafa. Mastering NumPy: Unleashing the Power of Numerical Python for Scientific Computing and Data Analysis [Электронный ресурс] : Repository. – November 2023. – Режим доступа: <https://python.plainenglish.io/mastering-numpy-unleashing-the-power-of-numerical-python-for-scientific-computing-and-data-d90475a7ab6b>
5. Шахова А. С. Определение формата обучающих данных для системы инклюзивной коммуникации / А. С. Шахова, В. И. Пименов // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2023. – № 4. – С. 33-37.

Обзор новых возможностей фреймворка TAWT для работы с текстами на русском языке

Е. В. Полицына, email: kathrin.beaver@mail.ru

С. А. Полицын, email: pul_forever@mail.ru

А. С. Поречный, email: alex.porechny@mail.ru

А. Н. Рыкунов, email: casi.05@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

***Аннотация.** Представлен обзор возможностей Java-фреймворка TAWT, предоставляющего программные инструменты и структуры данных основных этапов анализа текста на русском языке, его новых возможностей и улучшений, которые позволяют повысить как качество работы отдельных инструментов, например, морфологического анализа, снятия омонимии и др., так и решения прикладных задач. Все компоненты фреймворка отвечают современным требованиям к производительности, надежности, процессу сборки проектов и т.д. Описываются планируемые направления дальнейшего развития фреймворка в части улучшения алгоритмов анализа текста и реализации новой функциональности работы с именами числительными, поддержки выделения ключевых слов и др.*

***Ключевые слова:** Компьютерная лингвистика, фреймворк, анализ текста, русский язык.*

Введение

Текстовой информации с каждым днем становится всё больше. На данный момент уже накоплено настолько большое количество текстов, что ручная их обработка уже не представляется возможной. По этой причине компьютерная лингвистика становится всё более востребованной, поскольку она занимается разработкой методов и средств для автоматической обработки текстовой информации [2].

Разработчики компьютерных систем стремятся приблизить возможности взаимодействия с ними к человеческим возможностям общения и понимания естественного текста [14]. Такие инструменты разрабатываются и используются в множестве коммерческих программных продуктов, в т.ч. мониторинга СМИ (Interfax SCAN,

продукты компании «Медиалогия»), отслеживания тенденций в какой-либо области, системах антиплагиата (Антиплагиат, Рукопт) и т.д. Компания Яндекс активно развивает исследования в области автоматического реферирования веб-документов с учетом запроса [8]. Тем не менее для подавляющего большинства компаний, изначально не ориентированных на создание лингвистических инструментов [15], их дорогостоящая разработка с необходимостью проведения исследований всегда остается за рамками проектов, поэтому для таких компаний существует потребность в наличии готовых инструментов, решающих прикладные лингвистические задачи, с учетом современных требований (надежность, скорость работы, поддержка технологических процессов и т.д.) к информационным системам.

Для многих европейских языков уже существует большое количество реализованных инструментов, решающих самые различные задачи. Также среди них есть и полноценные лингвистические процессоры, которые могут заниматься обработкой текстовых данных на всех этапах анализа текста. Среди таких решений выделяются NLTK [3], GATE [4] и SMOR [5] и многие другие [8]. Наиболее популярные используемые на практике фреймворки разработаны для западноевропейских языков и имеют ограниченную поддержку русского языка или не имеют ее вовсе, что делает невозможным их использование для решения лингвистических задач на русском языке. Для русского же языка таких инструментов заметно меньше или качество их работы заметно ниже, чем для основных поддерживаемых инструментами языков (например, английского) [8].

Фреймворк TAWT [6-8] является одним из инструментов специально разработанных для обработки текстов на русском языке с учетом требований, предъявляемым к промышленным информационным системам. Фреймворк учитывает особенности русского языка и имеет в своем составе модули, которые позволяют решать задачи всех этапов автоматизированного анализа текста на естественном языке (ЕЯ) – графематического, морфологического, синтаксического и семантического, в состав фреймворка также входят модули для решения ряда прикладных задач, круг которых постоянно расширяется.

1. Структура фреймворка TAWT

Схема взаимодействия модулей фреймворка TAWT и их доступность пользователем представлена на рисунке 1. Каждый модуль может использоваться отдельно от комплекса, однако, предполагается что напрямую будут использоваться только часть модулей, остальные остаются внутренними, на рисунке 1 зеленым цветом выделены модули,

которые предназначены для использования напрямую, к ним идет пунктирная линия, синим выделены модули для внутреннего применения. Взаимодействия компонентов обозначено сплошными линиями. Модули, соответствующие одному этапу анализа текста и реализующие соответствующую модель представления текста, выделены в соответствующие группы.

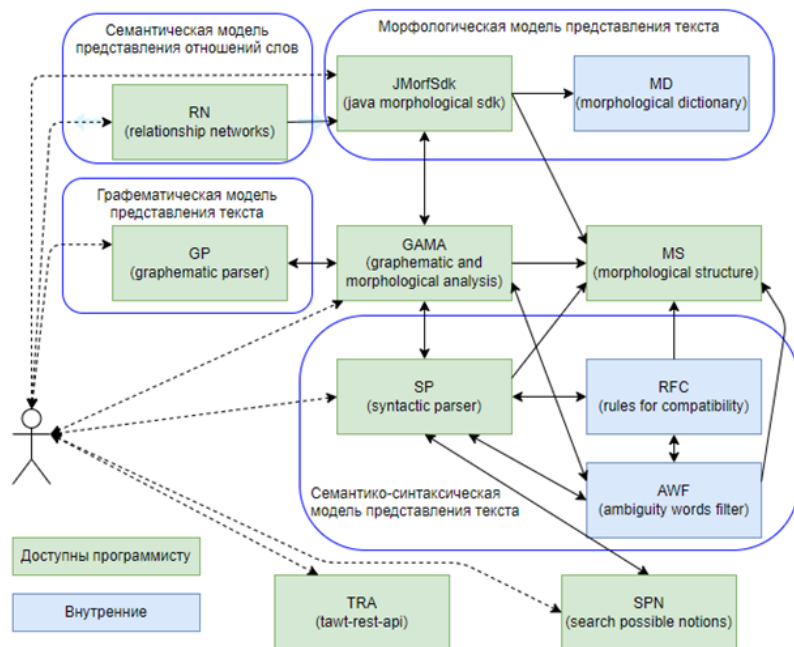


Рисунок. Общая схема взаимодействия модулей фреймворка

Модуль GP (GraphematicParser) – графематический анализатор, основанный на регулярных выражениях. На вход передается последовательность UTF-8 символов, на выходе получается список слов, предложений или абзацев (в зависимости от вызванного метода) в том порядке, в котором они представлены во входном тексте. Допустимые разделители между словами - пробельные символы в терминологии регулярных выражений, опорные обороты разделяются запятыми или значками препинания, между предложениями – знаки препинания и пробельные символы, между абзацами – символы перехода на новую строку и пробельные символы.

Модуль JMorfsdk (Java Morphological Software Development Kit) – морфологический анализатор слов для русского языка. На вход ему передается последовательность UTF-8 символов, содержащая только кириллические символы в нижнем регистре с разделителями, на выходе получается образуется подготовленная структура - список возможных омонимических форм, содержащий информацию об морфологическом разборе для каждой формы, а также ссылку на начальную форму слова каждой омонимической формы. Кроме возможности проведения морфологического анализа, также предоставляется возможность морфологической генерации словоформ по заданным характеристикам. Одним из последних изменений стало добавление возможности проведения морфологического анализа несловарных слов.

Модуль GAMA (Graphematic and Morphological Analysis) – инструмент, агрегирующий результат графематического и морфологического анализа входного текста. Входной текст представляет из себя последовательность UTF-8 символов, на выходе образуется список структур из морфологического анализа текста, которые могут объединяться в опорные обороты, предложения или абзацы (в зависимости от используемого метода) в том порядке, в котором они представлены во входном тексте. Морфологический этап анализа предполагает работу только с одним словом. Добавление возможности просмотра остальных слов в анализируемом тексте позволяет учитывать контекст вокруг анализируемого слов, таким образом повышая точность получения морфологических характеристик. В GAMA реализован контекстный метод снятия омонимии. На основе некоторого окружения вокруг омонимичного слова, производится выбор наиболее подходящего в данной ситуации набора морфологических характеристик.

Модуль RFC (Rules for Compatibility) содержит правила сочетания слов по морфологическим характеристикам и взаимном расположении слов в тексте.

Модуль AWF (Ambiguity Words Filter) – модель содержит методы частичного снятия неоднозначности слов в рамках опорного оборота.

Модуль SP (Syntactic Parser) – модуль семантико-синтаксического анализа. Инструмент объединяет синтаксический и семантический анализ в единый этап. При этом необходимо отметить, что в инструменте реализуется семантический анализ именно на таком уровне, на котором удается значительно сократить количество сочетаний слов за счет отбрасывания вариаций, которые на семантическом уровне не имеют смысла. На вход передается последовательная цепочка UTF-8 символов, далее происходит их анализ с помощью инструментов GAMA и AWF, после чего производится семантико-синтаксический анализ. На

выходе получается список сгруппированных вариаций опорных оборотов или предложений, в виде дерева (иногда сети) зависимостей, в вершине (или в вершинах для сети) с находится главное слово опорного оборота или предложения (для сети эти вершины будут иметь однородную связь). Поддерживается программный интерфейс для замены реализации инструментов RFC, GAMA или AWF.

Модуль SPN (Search Possible Notions) – инструмент выделения понятий и составления списка кандидатов на понятие. Понятие – представляет из себя устойчивое фразеологическое словосочетание. На вход передается последовательность UTF-8 символов, далее происходит их анализ с помощью инструмента SP. Полученный список, вариативно сгруппированных опорных оборотов анализируется для выделения словосочетаний из текста с последующей оценкой каждого словосочетания для нахождения понятия или кандидата на понятия. На выходе получается список словосочетаний, в начале которого находится список понятий, далее список кандидатов на понятия и в конце список остальных словосочетаний, которые удалось выделить из анализируемого текста.

Модуль MS (Morphological Structure) – модуль, содержащий представление текста на различных этапах анализа, а также различные методы преобразования внешних словарей, словников, тезаурусов и корпусов во внутреннее представление фреймворка.

Модуль MD (Morphological Dictionary) – модуль хранения подготовленных словарей для комплекса инструментов TAWT. На данный момент MD состоит из нескольких словарей: словарь текстового представления слов (более 360 тыс. словарных слов и 30 тыс. дополнительных слов), словарь морфологических характеристик омоформ (более 5 млн. словоформ), словарь частотного употребления некоторых словоформ, словарь флекселей.

Модуль RN (Relationship Networks) – модуль предназначен для получения семантических рядов слов, а также оценки семантической близости текстов с учетом их взаимного нахождения в разных семантических рядах.

Модуль TRA (Tawt REST API) – модуль, предоставляющий программный интерфейс серверной части и клиентской части, описывающий REST API для взаимодействия клиентской и серверной части по протоколу http. Инструмент направлен на запуск комплекса инструмента TAWT в виде веб-сервиса, который принимает http-запрос, обрабатывает текст и возвращает результат, при этом клиентская часть подменяет стандартную реализацию работы TAWT на отправку соответствующих запросов в сервис приложений TAWT. Это позволяет

проводить “тяжелую” обработку текста на удаленном сервере с минимальными трудозатратами на модификацию системы на стороне клиента.

Для подключения фреймворка TAWT необходимо использовать автоматическую систему сборки Apache Maven [9], она входит в стандартную поставку всех современных интегрированных сред разработки и является де-факто стандартом в промышленной разработке программных систем на Java. Для этого в файле спецификации pom.xml необходимо указать соответствующую зависимость, для этого в теге “dependency” указывается теги “groupId” со значением “com.github.jalexpr”, “artifactId” – “tawt”, “version” – актуальная версия TAWT. Также обязательным является указание в теге “repository” следующих тегов “id” со значением “jitpack.io”, “url” – “https://jitpack.io”. Всю остальную работу по загрузке библиотеки, ее раскладке и настройке для работы выполнит система сборки Maven. Далее в методе, в котором требуется вызвать один из методов модуля фреймворка TAWT, необходимо создать соответствующий объект, например, для SP: “SyntaxParser sp = new SyntaxParser();”. Далее необходимо выполнить инициализацию модуля при помощи метода init(). Пример конфигурации подключения фреймворка TAWT, номер актуальной версии, инициализации модулей и вызова методов приведены на странице проекта tawt-jitpack-pom [10].

2. Новые возможности в существующих модулях фреймворка

В рамках существующих модулей был проведен ряд улучшений для повышения качества работы инструментов, удобства использования фреймворка и поддержки новых возможностей:

В формате OpenCorpora [17] лексемы глагола и его инфинитива разделены, из-за чего при работе с таким словарем теряется связь между формами глагола и начальной формой. В библиотеке JMorfSdk начальной формой для любой лексемы является первая форма из ее бинарного представления. Структура хранения словоформ была доработана и теперь вместо хранения двух лексем для глаголов, в бинарном файле содержится одна запись, первой формой которой является инфинитив, после которого идет информация о производных формах. В модуле Morphological Structures вместо текстовой версии словаря OpenCorpora теперь для создания внутренних файлов с информацией о словоформах используется xml-версия, поскольку в ней содержится дополнительная информация о связях между лексемами. Такой подход позволил объединить инфинитив и глагол в одну лексему, так как изначально в словарях OpenCorpora они разделяются. На данный

момент помимо лексем, содержащихся в OpenCorpora с помощью новой возможности расширения словаря добавлено около 30 тысяч лексем.

Добавлена возможность расширения используемых словарей. Для добавления информации о новых словах при создании бинарного файла нужны подготовленные данные в таком же виде, как они хранятся в OpenCorpora. Была добавлена возможность получения морфологической информации с проекта Wiktionary, включая как постоянные, так и непостоянные признаки, её последующей преобразование в соответствии с форматом OpenCorpora и формирование нового xml-файла, который может быть использован для создания бинарных файлов словаря словоформ.

В модуле морфологического анализа JMorfSdk была добавлена возможность морфологического анализа несловарных слов. Алгоритм строится на основе особенностей словообразования в русском языке и производится в два этапа – отсечение приставок и дальнейшая попытка поиска получившегося слова по словарю, а также, в случае неудачи первого этапа, анализ по окончанию. Словообразование в русском языке строится по некоторым парадигмам, при совпадении которых можно с высокой точностью предсказать и морфологические характеристики, и то, как должны выглядеть остальные формы в данной парадигме, что, потенциально, даёт возможность проведения морфологической генерации для несловарных слов.

В модуле GAMA при морфологическом анализе встречаются слова, которые могут иметь несколько наборов морфологических характеристик. В статье [1] описываются статистические методы снятия омонимии и приводится статистика встречаемости неоднозначности по корпусу СинТагРус. По этой статистике 47,58% слов имеют только один набор морфологических характеристик, т.е. могут считаться однозначными. Таким образом, при анализе текста будут встречаться токены с однозначными характеристиками, которые могут использоваться для снятия омонимии. В модуле был реализован контекстный метод снятия омонимии. Благодаря влиянию окружающих омоним слов во время морфологического анализа удастся достичь более высоких результатов определения токенов с однозначными морфологическими характеристиками (до 20%), чем это было бы возможно при работе с каждым словом отдельно.

Одним из новых модулей TAWT является модуль Relationship Networks (RN). RN реализует модель отображения семантических связей между словами. Семантические связи выделяются из обработанных словарей (синонимических, ассоциативных, родо-видовых и т. д.), тем самым образуются семантические ряды. Под

семантическими рядами понимается множество слов, которые имеют семантическую связь определенного вида (синонимическую, ассоциативную, род-вид и др.). Используя такие ряды можно проводить оценку близости слов, словосочетаний, понятий и текстов на основе критерия количества переходов по наименьшему кратчайшему пути между двумя рядами. На данный момент в модуль загружено 4851 синонимических рядов для 17992 слов. Также в модуле произведена оптимизация по нахождению кратчайшего пути на глубину 3. Оптимизация позволяет рассчитать семантические ряды для расстояния 2 и 3, что позволяет ускорить будущие расчеты. Общий объем семантических рядов для расстояния 2 составляет 32939, а для расстояния 3 - 61027 [16].

Вторым новым модулем TAWT является модуль Tawt REST API (TRA). TRA модуль построен в соответствии с архитектурным стилем REST, формат передаваемых данных - JSON. Особенность модуля в том, что структура данных TAWT архитектурно имеет циклические связи между формами слов, т.е. для передачи данных необходимы некоторые преобразования для устранения таких циклов на сервере с последующим их восстановлением на клиенте. Модуль состоит из 3 Java библиотек:

- общей библиотеки (tawt-rest-common), описывающей структуру передаваемых данных между сервером и клиентом;
- клиентской библиотеки (tawt-rest-client), которая полностью заменяет реализацию TAWT на Rest реализацию;
- серверной библиотеки (tawt-rest-server), отвечающей за запуск сервиса приложений TAWT, сервис приложения вызывает соответствующие методы в TAWT и возвращает результат в ответ на запрос.

Было произведено сравнение старой и обновленной версий JMorfSdk и GAMA. В качестве параметров сравнения были выбраны размер словаря, точность получения начальной формы, точность получения морфологических характеристик, а также скорость работы [11]. Наблюдается значительное улучшение качества результатов морфологического анализа, количество найденных словоформ увеличилось до 98%. Постепенное расширение словаря позволяет уменьшить количество ошибочных разборов при наличии в текстах слов-исключений. Также наличие слова в словаре позволяет избежать анализа его как несловарного, что может привести к падению скорости обработки текстов.

3. Направления развития фреймворка

Направления развития фреймворка включают в себя создание расширения набора решаемых задач и создание новых модулей, развитие алгоритмов анализа текста и улучшение технических возможностей фреймворка с точки зрения потребляемых ресурсов и надежности работы.

В настоящее время находятся в разработке несколько модулей, которые изначально были самостоятельными, построенными с использованием фреймворка инструментами (выделение ключевых слов, автоматическое реферирование), но со временем стало очевидно, что многие более крупные лингвистические задачи нуждаются в этих инструментах. Возникла проблема разных версий фреймворка в инструменте и новой разрабатываемой системе, дублирование фреймворка, увеличение потребления ресурсов и т. д. Поэтому в будущих версиях TAWT появятся отдельные модули для решения прикладных задач на основе тех исследовательских инструментов, которые наиболее хорошо зарекомендовали себя в первую очередь по качеству работы и частоте использования.

В алгоритмической части одним из текущих направлений развития является добавление правил для семантико-синтаксического анализа текста и для фильтра снятия неоднозначности. Правила формируются на основе моделей управления и валентности слов [13].

Еще одним очень важным улучшением работы фреймворка на морфологическом уровне является поддержка числительных и всех необходимых функций для работы с ними: получение полных текстовых форм из различных сокращений, перевода их в текстовую форму и обратно. Сейчас числительные в числовой форме игнорируются морфологическим процессором, из-за этого снижается качество результатов и на последующих этапах анализа.

Изначальный словарь OpenCorpora был расширен на 30 тысяч лексем для применения в TAWT и при использовании занимает значительное количество оперативной памяти - около 500 Мб. Для возможности более экономного использования ресурсов словарь может быть разделен на две версии. Одна из них соответствует текущему состоянию словаря – содержание всех словоформ. Вторая версия будет уменьшена за счет содержания в ней только наиболее популярных слов. Статистика частоты использования будет собрана на основе большого количества различных текстов, что позволяет создать словарь только с наиболее часто необходимыми словоформами. Внедрение возможности проведения морфологического анализа несловарных слов также

позволит избежать большого падения точности обработки, при этом сократив расход ресурсов в несколько раз.

Для обеспечения возможности обрабатывать большие объемы данных, работать в условиях высокой нагрузки и обеспечивать надежности работы модулей фреймворка на базе модуля TRA разрабатывается инструмент управления потоком задач.

Заключение

Разработанный и развиваемый фреймворк TAWT является средством для реализации алгоритмов лингвистического анализа текста разных уровней, решения прикладных задач и быстрой проверки различных гипотез в компьютерной лингвистике. Фреймворк ориентирован на использование в промышленных и исследовательских программных системах и ориентирован на быстрое внедрение и использование.

Реализация и уточнение алгоритмов лингвистического анализа позволяет повысить качество обработки текстовых данных во многих областях.

Фреймворк поддерживается и развивается, появляются новые модули и новые задачи, которые можно решить с помощью фреймворка, не прибегая к другим средствам. Фреймворк использовался при создании других приложений автоматического анализа текста и прикладных систем.

Список литературы

1. Рысаков С. В. Статистические методы снятия омонимии / С. В. Рысаков, Э. С. Клышинский // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2015. – №. 18. – С. 555-563.
2. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учеб. пособие / Большакова Е.И., Воронцов К.В., Ефремова Н.Э., Клышинский Э.С., Лукашевич Н.В., Сапин А.С. — М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017. — 269 с.
3. Инструмент NLTK. – Режим доступа: <https://www.nltk.org>. – (Дата обращения: 30.12.2023).
4. Инструмент GATE. – Режим доступа: <https://cloud.gate.ac.uk>. – (Дата обращения: 30.12.2023).
5. Инструмент SMOR. – Режим доступа: <https://www.ims.uni-stuttgart.de/research/resources/tools/smor>. – (Дата обращения: 30.12.2023).
6. Politsyna, E.V., Politsyn, S.A., Porechny, A.S. The framework for hypothesis verification and analysis of natural language processing for the Russian language. Proc. VII Intern. Conf. AIST-SUP, 2018, vol. 2268, pp. 25–33.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023686801 Российская Федерация. TAWT (Tools for Automated Work with Text) - Фреймворк (комплекс инструментов) для работы с текстом на русском языке с учетом компьютерно-лингвистического анализа / Е. В. Полицына, А. С. Поречный, С. А. Полицын
8. Полицына Е. В. Алгоритмы автоматизации анализа текста на русском языке для решения прикладных задач с применением фреймворка TAWT / Е. В. Полицына, С. А. Полицын, А. С. Поречный // Программные продукты и системы. – 2021. – № 2. – С. 257-268.
9. Система автоматической сборки проектов Apache Maven – Режим доступа: <https://maven.apache.org> – (Дата обращения: 08.01.2024).
10. Проект подключения и использования фреймворка TAWT – Режим доступа: <https://github.com/jalexpr/tawt-jitpack-pom> – (Дата обращения: 08.01.2024)
11. Полицына Е.В. Анализ качества работы и расширение возможностей инструментов морфологического анализа текстов на русском языке / Е.В. Полицына, С. А. Полицын, А.С. Поречный, А.Н. Рыкунов // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. - 2023. - № 2. - С. 171-180
12. JitPack – Репозиторий пакетов для проектов JVM и Android – Режим доступа: <https://jitpack.io> – (Дата обращения: 08.01.2024)
13. Влавацкая М. В. Валентность как потенциал языковой синтагматика: лексикографический аспект // Филологические науки. Вопросы теории и практики Тамбов: Грамота, 2012. № 1 (12). С. 46-51
14. Браславский П., Колычев И. Автоматическое реферирование веб-документов с учетом запроса. В кн.: Интернет-математика. Автоматическая обработка веб-данных. М., 2005. С. 485–501.
15. Альманах. Искусственный интеллект. Обработка естественного языка, распознавание и синтез речи // Центр Национальной технологической инициативы на базе МФТИ по направлению "Искусственный интеллект". - 2019г. - №2 (сентябрь). - 103с.
16. Полицына Е.В. Создание программного инструмента получения семантических рядов слов на русском языке / Е.В. Полицына, С.А. Полицын, А.С. Поречный // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 13-15 декабря 2021 г. — Воронеж, 2022. — С.1016-1022
17. Словарь OpenCorpora. – Режим доступа: <https://www.opencorpora.org>. – (Дата обращения: 14.01.2024)

Анализ возможностей автоматизации процесса подготовки программной документации

А. С. Сергеев, e-mail: toljaserg7@mail.ru

Московский Авиационный Институт (Национальный
Исследовательский Университет)

***Аннотация.** Рассмотрены требования к оформлению документов ГОСТ 19.001-77 «Единая система программной документации». Проведена классификация документов и их разделов. Для валидируемых разделов документов предложены методы валидации.*

***Ключевые слова:** Единая система программной документации, валидация, научно-техническая документация, валидация библиографии.*

Введение

При подготовке различных видов научно-технической документации авторам необходимо следовать шаблонам. Шаблоны могут быть регламентированы конкретным стилем, государственными стандартами или отдельными требованиями организации, для которой подготавливается документация. Шаблоны документов содержат множество различных правил и требований, зачастую комплексных и сложных.

Соблюдение авторами требований таких шаблонов критично, так как документ, не соответствующий шаблону или документ, в котором так или иначе нарушены правила оформления, может, например, не пройти приемку у заказчика, утратить юридическую силу или оказаться непригодным для документооборота.

Задача подготовки документации в соответствии с требованиями также осложняется наличием различных типов документов, для каждого типа может существовать отдельный шаблон со своими правилами, а полный пакет документации для, например, программного продукта, может содержать более десяти различных типов документов.

Автоматизация решения задач подготовки и валидации документации может существенно сократить время и усилия, выделяемые на подготовку пакетов документов к программным продуктам различного характера. Для разработки алгоритмов такой

валидации необходимо проанализировать каждый тип документа и выявить возможности для автоматизации.

1. Анализ типов документов ЕСПД

В рамках ГОСТ 19.101-77 «Единая система программной документации» (ЕСПД) программные документы подразделяются на эксплуатационные и программные. К программным относят документы, содержащие сведения, необходимые для разработки, изготовления, сопровождения программ, к эксплуатационным – документы, содержащие сведения, необходимые для применения программ.

Для документов возможна автоматическая валидация оформления, включая отдельные элементы (отступов, шрифта и т.д.). С точки зрения возможности валидации или автоматизации подготовки содержимого можно выделить три типа документов:

– Валидируемые документы – тип документов, содержание которых возможно автоматизировано валидировать либо подготавливать полностью при условии наличия всей необходимой информации. К валидируемым документам ЕСПД относятся:

- Спецификация – состав программы и документации на неё, при условии наличия полного списка документации и модулей программы возможно формировать данный документ автоматически.
- Ведомость держателей подлинников – перечень предприятий, на которых хранят подлинники программных документов, при условии наличия полного списка документов и предприятий возможно формировать данный документ автоматически.

Примеры дескрипторов без их описания: кривизна в вершине, WKS, HKS, SHOT, DEP.

– Невалидируемые документы – тип документов, содержание которых валидировать невозможно ввиду отсутствия жёстких требований к оформлению их отдельных сегментов:

- Описание языка – описание синтаксиса и семантики языка, формат довольно свободен, валидация не требуется, автоматизированная подготовка невозможна.
- Текст программы – запись программы с необходимыми комментариями, валидация проводится, но на этапе тестирования, поэтому валидация документа смысла не имеет.
- Частично валидируемые документы – тип документов, содержание которых можно валидировать частично, например, проверить содержание конкретных разделов, списков и т.п.:
 - Описание программы.
 - Программа и методика испытаний.

- Техническое задание.
- Пояснительная записка.

2. Автоматизация валидации документов ЕСПД

При разработке алгоритмов валидации необходимо брать во внимание наличие различных подразделов и прочих сегментов в документе. Не все разделы могут быть проверяемыми, и для корректной валидации необходимо выделить конкретные автоматизируемые аспекты каждого документа. Обычные абзацы текста, описывающие тот или иной компонент программы, безусловно, подлежат валидации, например, возможно валидировать смысловое содержание абзаца по его заголовку. Однако, наиболее просто представить валидацию жёстко описанных в ГОСТ компонентов документа [1]: библиографических списков [2], списков терминов и сокращений, оформления и т.п. Далее рассмотрены частично валидируемые документы ЕСПД, а также их разделы.

– Описание программы – документ содержит ведение о логической структуре и функционировании программы.

- общие сведения – наименование программы, необходимое для её функционирования программное обеспечение, языки программирования, использованные для написания программы;
- функциональное назначение – область применения программы, какие задачи она выполняет;
- описание логической структуры – описания алгоритмов, диаграммы баз данных, классов и т.п.;
- используемые технические средства – необходимые для работы программы технические, периферийные устройства и прочее аппаратное обеспечение;
- вызов и загрузка – описание точек входа в программу и способ вызова программы с носителя данных, на котором данная программа развёрнута;
- входные данные;
- выходные данные.

Выделить конкретный раздел, подверженный жёсткой валидации согласно правилам, нельзя, но видна чёткая структура документа, которая сама по себе уже может быть проверена автоматически.

Также примечательно, что государственный стандарт допускает ввод дополнительных разделов или объединение отдельных существующих, что может серьёзно осложнять валидацию, так как нарушается структура шаблона [3]. Некоторые дополнительные разделы документа могут быть подвержены валидации. Например, в описании программы может находиться раздел «список терминов и сокращений»,

который можно валидировать как «прямым» (наличие всех позиций списка в тексте описания программы), так и «обратным» (наличие всех аббревиатур либо отдельных терминов из текста в списке) методом [4].

Также важно соответствие содержания каждого раздела своему заголовку, ведь согласно государственному стандарту, каждый раздел содержит строго определённую информацию, что вполне может быть подвержено проверено.

– Программа и методика испытаний – документ содержит требования, подлежащие проверке при испытаниях программы, а также порядок и методы их контроля. Имеет следующие разделы согласно шаблону:

- объект испытаний – содержит наименование, сферу применения и обозначение тестируемой программы;
- цель испытаний;
- требования к программе – содержит требования к программе (выписываются из технического задания), которые подлежат проверке в рамках проводимых испытаний;
- требования к программной документации – содержит перечень предъявляемой на тестирование документации, также может содержать специальные требования, в случае, когда они присутствуют в техническом задании на программу;
- средства (либо состав) и порядок испытаний – содержит перечень технических средств, применяемых при проведении испытаний, а также порядок проведения испытаний;
- методы испытаний – содержит описания использованных методов тестирования программы.

Так как документ «программа и методика испытаний» разбивается на разделы аналогично документу «описание программы», для него также применима валидация смыслового содержания раздела относительно его заголовка.

Также формат данного документа допускает внесение дополнительных разделов, одним из таковых может быть список терминов и сокращений. В таком случае возможна валидация аббревиатур и терминов.

Возможна проверка корректности расположения методов испытаний в соответствующем разделе и проверка наличия метода испытаний для каждого показателя, обозначенного в разделах «требования к программе» и «требования к программной документации».

– Техническое задание – документ содержит назначение и область применения программы, технические, технико-экономические и

специальные требования, предъявляемые к программе, необходимые стадии и сроки разработки, виды испытаний. Содержит следующие разделы:

- введение – содержит описание целей и задач проекта, его контекст и общий обзор требований заказчика;
- назначение и цель разработки;
- структура и состав разработки – содержит описание структуры проекта, его модулей;
- требования к функциональности;
- требования к интерфейсу;
- требования к качеству;
- требования к документации;
- условия поставки и сдачи работ;
- порядок контроля качества – содержит описания методов и средств контроля качества;
- требования к персоналу и срокам выполнения – раздел содержит требования к квалификации персонала, а также сроки выполнения отдельных этапов работ;
- требования к технической поддержке и сопровождению – содержит перечень требований к технической поддержке, гарантийному обслуживанию и сопровождению объекта разработки;
- сводная таблица – таблица с суммарным описанием всех требований и ограничений, выделенных из предыдущих разделов документа.

Техническое задание – объёмный документ, помимо перечисленных выше разделов он также может содержать различные приложения со схемами и примерами, необходимыми для того, чтобы максимально чётко донести требования заказчика исполнителю.

В контексте технического задания автоматизированная валидация смыслового содержания сегмента текста либо раздела по его заголовку представляется особенно актуальной, так как чёткая сегментация требований по разделам способствует корректности понимания их исполнителем.

Также вполне возможно валидировать сводную таблицу – проверять, все ли представленные в ней требования и ограничения присутствуют в предыдущих разделах. Также возможна и обратная валидация. Например, в сводной таблице может отсутствовать описание какого-либо требования к качеству или документации, обозначенное ранее. Также возможна обратная ошибка, когда в сводной таблице фигурирует требование, ранее не обозначавшееся.

– Пояснительная записка содержит схему алгоритма, общее описание алгоритма и(или) функционирования программы, а также обоснование принятых технических и технико-экономических решений.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- введение – содержит общую информацию о проекте, его целях и основных задачах, также здесь могут быть указаны термины и определения, используемые в проекте;
- описание проблемы или ситуации – данный раздел посвящён анализу проблемы или обоснованию необходимости выполнения проекта, тут указываются основные факторы, которые способствовали возникновению идеи проекта;
- цели и задачи проекта;
- описание разработанного решения – содержит информацию о функциональности, структуре и особенностях разработанного продукта, проведённых работах;
- технико-экономическое обоснование – включает в себя анализ технических и экономических аспектов проекта;
- описание результатов испытаний – тут представляется информация о проведённых испытаниях и контрольных мероприятиях;
- заключение – в данном разделе подводятся итоги проекта и делается общий вывод о его реализации и достигнутых результатах;
- список используемых источников – содержит библиографические описания источников информации и документов, использованных при подготовке пояснительной записки.

Помимо описанных разделов, пояснительная записка обычно содержит различные приложения: схемы, графики, расчёты, протоколы испытаний и прочие документы, которые могут быть полезны для обеспечения полного понимания и оценки проекта.

К пояснительной записке применимы те же методы валидации, что и к техническому заданию (валидация смыслового содержания раздела по заголовку, валидация терминов и аббревиатур).

Также стоит отметить, что в шаблоне пояснительной записки присутствует раздел «список использованных источников». Корректное оформление библиографического списка согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 [2] является крайне нетривиальной задачей, так как для каждого типа цитируемого ресурса существует свой шаблон оформления библиографической ссылки [5]. Таким образом, ручное оформление подобных списков может являться трудоёмкой задачей для некоторых

авторов научных работ. Последним нужно учитывать достаточно большое количество факторов и требований при составлении библиографических списков и ссылок. А если также учесть порой крайне внушительное количество источников в некоторых видах работ, например, в диссертациях, задача становится ещё более трудоёмкой и требует ещё более значительных временных затрат.

Ввиду трудоёмкости и сложности процесса оформления библиографического списка, становится актуальной задача автоматизации валидации библиографических списков.

Заключение

В результате анализа документов ЕСПД и их конкретных разделов, были выявлены три наиболее актуальных аспекта для валидации: валидация библиографического списка, списка терминов и сокращений и валидация смыслового содержания сегмента текста по заголовку. Данные методы автоматизированной валидации актуальны для наибольшего числа разделов и документов. Также нельзя оставлять без внимания и жёстко регламентируемые шаблонами сегменты документов, такие как списки, таблицы и перечни, они могут быть не только подвержены валидации, но и целиком подготовлены автоматически.

Список литературы

1. ГОСТ 19.202-78. Единая система программной документации. Спецификация: введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18 декабря 1978 г. N 3351: дата введения 01.01.80. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007649> (дата обращения: 28.11.2023).

2. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Утвержден и введен в действие Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 03.12.2018 №1050-ст – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/12000161674> (дата обращения: 26.11.2023).

3. Андрюкеева А. А. Исследование алгоритмов анализа и генерации технической документации: Материалы XXI Международной научно-методической конференции. Информатика: проблемы, методы, технологии. С. 1343 – Режим доступа: https://www.cs.vsu.ru/ipmtconf/conf/2021/Proceeding_IPMT_2021.pdf (дата обращения: 29.11.2023).

4. Андрюкеева А. А. Разработка алгоритма анализа технической документации: Материалы XXII Международной научно-методической конференции. Информатика: проблемы, методы, технологии. С. 1102 – сайт. – Режим доступа: https://www.cs.vsu.ru/ipmtconf/conf/2021/Proceeding_IPMT_2022.pdf (дата обращения: 29.11.2023).

5. Сергеев А.С. Исследование алгоритмов анализа содержимого технической документации: Материалы XXIII Международной научно-методической конференции. Информатика: проблемы, методы, технологии – С. 1080 – Режим доступа: https://www.cs.vsu.ru/ipmtconf/conf/2021/Proceeding_IPMT_2023.pdf (дата обращения: 29.11.2023).

Тематическая кластеризация коллекции коротких текстовых сообщений на основе метода Word2Vec

А. В. Сычев, email: sav@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В докладе рассматривается проблема тематического моделирования для набора коротких текстовых сообщений на основе модели векторного представления слов word2vec. Выявленные в результате анализа векторов слов кластеры могут быть использованы для различных задач, в том числе для диагностики тематической модели, представленной в размеченной коллекции текстовых сообщений*

***Ключевые слова:** текстовые сообщения, термины, тематическая модель, метрика TF-IDF, лемматизация, Word2Vec, факторный анализ.*

Введение

Проблема построения корректной тематической модели актуальна для задач автоматической обработки больших коллекций текстовых сообщений.

Кластеризация может предоставить эксперту инструмент для более объективного выбора как тематических рубрик, так и ключевых слов, их характеризующих.

Выбор системы тематических категорий определяется следующими факторами:

- Любая документальная коллекция имеет ограниченный набор тем, что отражает как способ создания этой коллекции, так и специфику его предметной области.
- Если объем коллекции достаточно велик, то эксперту будет очень сложно оценить ее тематический охват и характер распределения текстов по тематикам для всей коллекции в целом.

Данная проблема ранее рассматривалась в [1,2,3]. В [1,2] приведены результаты экспериментов на базе иерархической кластеризации терминов и LDA моделирования текстовой коллекции.

Многие популярные приложения, например Siri, Google Assistant, Alexa, Google Translate, работают с моделью обработки естественного языка на основе вложений (embeddings). За последние десятилетия

произошло значительное развитие этой концепции для нейронных моделей (например BERT и GPT). Существуют различные готовые векторно-семантические модели, такие как word2vec, GloVe, fasttext.

Word2Vec — метод эффективного создания вложений, разработанный в 2013 году. По-сути, это метод преобразования текста для создания векторных представлений (Word Embeddings), которые отображают все слова, присутствующие в языке, в векторное пространство заданной размерности [4].

Подход Word2Vec использует методы глубокого обучения и нейронных сетей для преобразования слов в соответствующие векторы таким образом, чтобы семантически похожие векторы были близки друг к другу в N-мерном пространстве, где N определяет размер вектора.

Модель Word2Vec реализуется в двух формах: Skip Gram и Continuous Bag of Words (CBOW). В модели Skip Gram контекстные слова предсказываются с использованием базового слова. Напротив, модель CBOW предсказывает базовое слово, основываясь на контекстных словах в качестве входных данных.

В статье приводятся результаты эксперимента по тематической кластеризации коллекции коротких текстовых сообщений на основе подхода Word2Vec. Кластеризация выполнялась в отношении Word2Vec векторов, построенных для лемматизированных терминов t_i , извлеченных из коллекции N_M текстовых сообщений $m_j \in M$, $j=1,2,\dots,N_M$.

1. Набор данных

Для проведения эксперимента была использована коллекция из 2887 текстовых сообщений, размеченных экспертами как относящихся к 6 тематическим рубрикам: "происшествия", "экономика", "политика", "власть", "здоровье", "спорт", "бизнес". Характеристики коллекции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тематические категории коллекции текстовых сообщений

Тематическая категория	Количество сообщений в категории
Происшествия	1000
Экономика	261
Власть	364
Здоровье	160
Спорт	1027

Бизнес	75
--------	----

В результате предварительной обработки коллекции текстовых сообщений была сформирована матрица (таблица) *MT* "сообщения-термины". В качестве терминов были выбраны полученные в результате анализа сообщений по модели "bag-of-words" лемматизированные формы слов.

2. Описание эксперимента

На основе имеющегося набора данных была построена Word2Vec модель. Параметры обучения модели: размерность векторов - 100, размер контекстного окна просмотра - 5, минимальная частота встречаемости термина в коллекции (частотный фильтр) - 5.

Модель Word2Vec была построена как для всего корпуса сообщений, так и для каждого тематического подмножества в отдельности. Размеры словарей для каждой из обученных моделей представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики словарей Word2Vec моделей для тематических подмножеств коллекции сообщений

Тематические категории	Размер словаря
<i>Вся коллекция</i>	<i>12234</i>
1.Происшествия	3105
2.Экономика	1948
3.Власть	2556
4.Здоровье	855
5.Спорт	2972
6.Бизнес	798

Проведенный SVD анализ Word2Vec векторов по всей коллекции и отдельным тематикам (рисунок 1) показал возможность существенного сокращения их размерности. В глобальной коллекции 90% вклад формируют 80 компонентов из 100 исходных. По отдельным тематикам разброс на количества таких компонент наблюдается в диапазоне от 40 до 65. Влияние размера коллекции также отражено на рис. 1. При сравнении графиков «Все» и «Все-1000» заметен существенный сдвиг вдоль оси ординат.

На основе обученных моделей была проведена диагностика тематической модели, представленной в размеченной экспертами текстовой коллекции.

Алгоритм диагностики включал в себя следующие шаги:

- Обучение глобальной Word2Vec модели для всей коллекции в целом.
- Обучение частных Word2Vec моделей для каждого тематического подмножества коллекции.
- Кластеризация терминов глобального словаря на основе их Word2Vec векторов.
- Поиск пересечений между полученными кластерами и словарями тематических подмножеств.

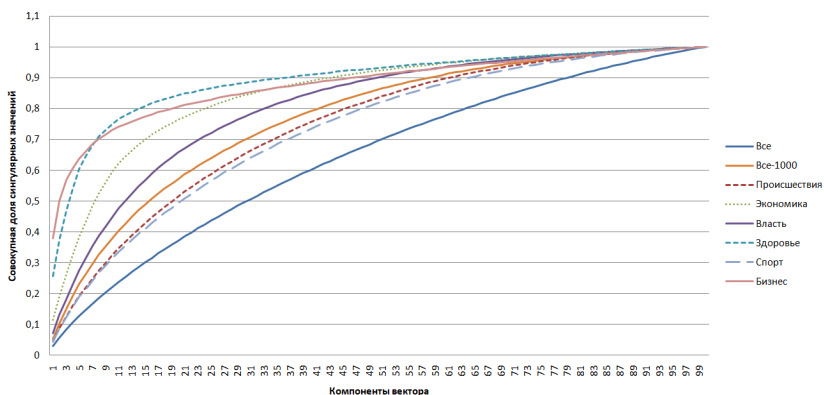


Рис. 1. SVD анализ словарей. Графики совокупной дисперсии.

Кластеризация терминов в глобальном словаре была проведена с помощью алгоритма K-Means. В результате было сформировано 6 кластеров (таблица 3).

Для сопоставления построенных кластеров терминов словаря, сформированного для глобальной коллекции, с тематическими словарями была построена таблица, элементы которой отражали количество общих словарных терминов, представленных в кластерах и в экспертных тематиках. При расчете в таблице 4 учитывались только уникальные термины, то есть встречавшиеся не более чем в одной из тематик. В четвертом кластере таких уникальных терминов не оказалось.

Таблица 3

Кластеры терминов для глобальной коллекции текстовых сообщений

Кластер	Размер
0	4469
1	951
2	911
3	651
4	6
5	560
6	235

В таблице 5 представлены те же данные, но в нормированном виде. Нормировка выполнялась путем деления на общий размер словаря в тематике.

Графическая визуализация этих же результатов приведена на рисунке 1 в виде тепловой карты.

Среди всех кластеров доминирующим является 0-й кластер, в котором не оказалось явно доминирующих тематик. Заметно отличная картина наблюдается в кластерах #1 и #3, в которых четко прослеживается доминирование тематик t_1 и t_4 соответственно. Кластеры #2 и #5 скорее тяготеют к политематичности.

Таблица 4

Пересечение терминов из кластеров и словарей тематических подмножеств в размеченной коллекции

Кластеры	Тематики					
	0	1	2	3	4	5
0	725	246	384	130	901	64
1	543	1	1	0	6	1
2	9	112	56	10	8	25
3	0	0	1	0	407	0
4	0	0	0	0	0	0
5	12	18	111	3	29	4
6	73	0	0	2	0	0

Таблица 5

Пересечение терминов из кластеров и тематических подмножеств в размеченной коллекции (с нормировкой)

Кластеры	Тематики					
	0	1	2	3	4	5
0	0,23	0,13	0,15	0,15	0,30	0,08
1	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,06	0,02	0,01	0,00	0,03
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01	0,01
6	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

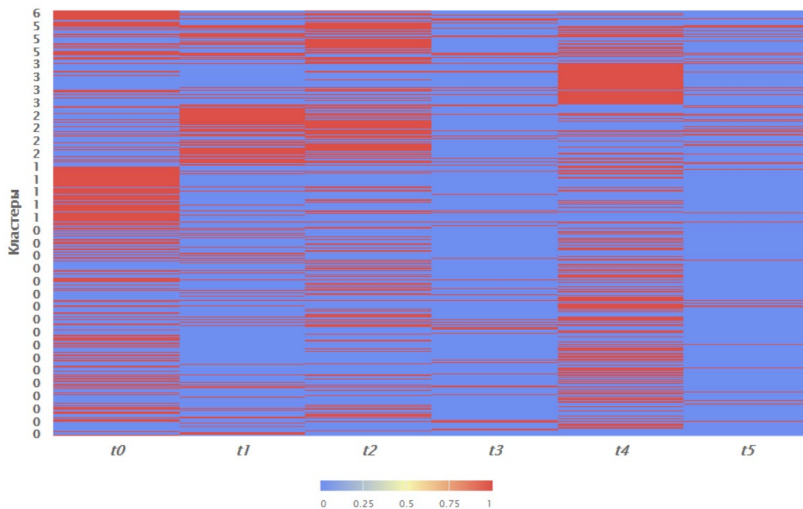


Рис. 2. Визуализация распределения терминов словарей по тематикам с помощью инструмента «тепловая карта».

Заключение

Векторное представление слов на основе модели Word2Vec позволяет в лучшей степени учитывать контекст при оценке тематической специфики словарных единиц, используемых в текстовых сообщениях, по сравнению с некоторыми другими подходами, например ВоW, TF-IDF и др.

Кластеризация Word2Vec векторов для словарных единиц, позволяет выполнять объективную диагностику тематической модели, представленной в размеченной коллекции текстовых сообщений, причем результаты такой диагностики в целом согласуются с результатами, полученными на основе других методов диагностики.

В дальнейшем планируется апробировать методику на нескольких крупных коллекциях текстовых сообщений, изучить влияние различных параметров Word2Vec модели на показатели эффективности результатов диагностики.

Список литературы

1. Sychev A.V. Diagnostics of the Topic Model for a Collection of Text Messages Based on Hierarchical Clustering of Terms. Lobachevskii J Math 44, 219–226 (2023). [Электронный ресурс]: статья. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1134/S1995080223010390>
2. Сычев А. В. Нечеткая тематическая кластеризация коллекции коротких текстовых сообщений на основе латентного размещения Дирихле / А.В. Сычев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов 23-й международной научно-методической конференции им. Э. К. Алгаинова, Воронеж, 15-17 февраля 2023 г. — Воронеж, 2023 . — С. 1086-1090.
3. Sychev A. An Approach to Processing News Text Messages Based on Markeme Analysis // Supplementary Proceedings of the XXIII International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains (DAMDID/RCDL 2021). - Moscow, Russia, October 26-29, 2021. P. 313-324 [Электронный ресурс]: статья. – Режим доступа : <http://ceur-ws.org/Vol-3036/paper25.pdf>.
4. Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G.S. and Dean J., 2013. Distributed representations of words and phrases and their compositionality. NIPS'13: Proceedings of the 26th International Conference on Neural Information Processing Systems – Vol. 2, December 2013. – P. 3111–3119.

Генеративный ИИ: переосмысление традиционных подходов в управлении знаниями

А. А. Федотов, email: spb.andrei.fedotov@gmail.com¹

А. А. Волкова, email: Asbka_f@mail.ru²

З. К. Федотова, email: zoyakonst@gmail.ru³

¹ Санкт-Петербургский государственный экономический университет

² Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова

³ Автономная некоммерческая организация «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов»

***Аннотация.** Статья исследует влияние генеративного искусственного интеллекта на управление знаниями, анализируя его преимущества и вызовы по сравнению с традиционными методами, и подчеркивает перспективы его интеграции в бизнес и государственное управление.*

***Ключевые слова:** Генеративный искусственный интеллект, инновации в управлении знаниями, этические аспекты ИИ, прогрессивные технологии в бизнесе, интеллектуальный анализ данных.*

Введение

Современный мир информационных технологий переживает настоящую революцию, благодаря бурному развитию генеративного искусственного интеллекта (ГИИ). Генеративные модели искусственного интеллекта (ИИ), основанные на передовых алгоритмах и машинном обучении, открывают новые возможности в управлении знаниями, предлагая уникальные способы создания, обработки и распространения информации. Доля компаний, использующих AI в своей работе, продолжает расти и в настоящее время составляет около 37% [1].

В этой статье мы исследуем, как эти технологии трансформируют традиционные подходы в управлении знаниями, представляя как их влияние на бизнес-процессы, так и потенциальные риски и вызовы.

1. Обзор и история систем поддержки управления знаниями

Системы управления знаниями (КМ-системы) играют ключевую роль в современном бизнес-ландшафте и государственном управлении.

Эти системы предоставляют необходимую инфраструктуру для сбора, обработки, хранения и распространения знаний внутри организаций.

История КМ-систем начинается с момента осознания важности организационных знаний как ценного актива. В начале 90-х годов XX века появились первые системы, фокусирующиеся на структурированном сборе и хранении знаний. Ранние системы управления знаниями были в основном ориентированы на документирование и распространение структурированных данных и информации. Они включали в себя базы данных, системы электронного документооборота и корпоративные интранет-порталы.

С развитием технологий информационные системы стали более сложными и многофункциональными. Важным этапом стало внедрение технологий ИИ и машинного обучения, что позволило перейти от простого хранения информации к ее анализу и активному использованию в принятии решений. Системы управления знаниями стали интегрировать различные источники данных, включая неструктурированные данные, такие как электронная почта, документы, социальные медиа и даже внешние базы данных.

На сегодняшний день КМ-системы представляют собой сложные, многоуровневые структуры, способные обрабатывать большие объемы данных и предоставлять пользователю глубокий и многогранный анализ. Эволюция этих систем отражает общую тенденцию развития информационных технологий: от статического хранения данных к динамическому, аналитическому и предсказательному подходу в управлении знаниями [2].

2. Традиционные базы знаний организаций

Традиционные базы знаний организаций составляют основу информационной структуры и играют важную роль в хранении и передаче знаний. Эти базы включают в себя не только текстовые документы, такие как инструкции, локальные нормативные акты и руководства пользователя, но и графические схемы процессов, выполненные в различных нотациях (например, IDEF и BPMN). Такое сочетание текстовой и графической информации создает многоуровневую и многомерную структуру данных.

Традиционные методы поиска в базах знаний зачастую ограничены ключевыми словами и фразами, что делает поиск специфической информации сложным и затратным по времени. Это особенно заметно в случае сложных запросов или когда необходимо найти взаимосвязь между различными видами данных. Поиск в таких системах часто требует глубокого понимания структуры хранимых данных и

используемой терминологии, что затрудняет доступ к информации для неспециалистов [3].

Традиционные базы знаний, хотя и являются фундаментом для хранения организационных знаний, сталкиваются с рядом ограничений, связанных с эффективностью поиска и доступом к информации. Эти ограничения подчеркивают необходимость разработки более продвинутых методов обработки и анализа данных, способных удовлетворить потребности современных пользователей и сложные задачи управления знаниями.

3. Искусственный интеллект в управлении базами знаний

С развитием технологий ИИ начался новый этап в развитии систем управления знаниями. ИИ, особенно в форме чат-ботов и интеллектуальных поисковых систем, значительно упрощает навигацию по базам знаний. Эти технологии позволяют пользователям задавать вопросы в естественной форме и получать релевантные, точные ответы, что значительно ускоряет процесс поиска информации и повышает его эффективность [4].

Тем не менее, существующие ИИ-решения часто ограничены в своих возможностях. Большинство чат-ботов и ИИ-помощников зависят от предварительно подготовленных скриптов и баз данных, что ограничивает их способность отвечать на нестандартные или сложные запросы. Это особенно заметно, когда пользователя интересуют вопросы, выходящие за рамки базовой информации, представленной в базе знаний.

Хотя эти системы улучшили доступность и удобство использования баз знаний, они все еще далеки от идеала в плане глубины и точности обработки запросов. Это особенно важно для организаций, где быстрый и точный доступ к специализированной информации может иметь критическое значение.

Использование ИИ в управлении базами знаний открыло новые возможности, но также выявило ряд ограничений существующих подходов. Необходимы дальнейшие исследования и разработки в области искусственного интеллекта для создания более мощных и гибких систем управления знаниями, способных адаптироваться к разнообразным и сложным запросам пользователей [5].

4. Проблемы существующих подходов

Одним из ключевых недостатков текущих систем управления знаниями является их ограниченная способность адекватно реагировать на узкоспециализированные или необычные запросы. Такие системы часто оптимизированы под обработку общих, повторяющихся вопросов,

но сталкиваются с трудностями при необходимости предоставления информации по более сложным или редким темам. Это может привести к неполным или неверным ответам, что особенно критично в ситуациях, требующих высокой точности информации.

Еще одной проблемой современных систем является обработка несогласованных или конфликтующих данных. В больших организациях, где информация постоянно обновляется и исходит из различных источников, часто возникают противоречия между разными частями базы знаний. Это может привести к путанице и затруднениям при попытке найти достоверную информацию.

Примеры из практики показывают, что как традиционные методы, так и те, что основаны на искусственном интеллекте, могут быть неэффективны в сложных информационных средах. Например, системы, зависящие от ключевых слов, могут не находить релевантную информацию из-за несоответствия терминологии, а ИИ-боты могут выдавать стандартные ответы на уникальные вопросы, не учитывая специфики запроса.

Эти проблемы подчеркивают необходимость развития более продвинутых и гибких систем управления знаниями. Современные подходы должны быть способны не только эффективно обрабатывать стандартные запросы, но и адаптироваться к уникальным и сложным информационным потребностям, а также успешно управлять несогласованными и изменяющимися данными.

5. Потенциал генеративного искусственного интеллекта

ГИИ представляет собой перспективное направление в развитии систем управления знаниями. Отличительной особенностью ГИИ является его способность генерировать новый контент, а не только извлекать существующий. Это позволяет ГИИ анализировать и синтезировать информацию для формирования уникальных, контекстно-релевантных ответов, что делает его эффективным решением. Таким образом, ГИИ может обеспечивать более точную и глубокую обработку данных, что особенно ценно в ситуациях с высоким уровнем сложности и специфики запросов [6].

Ещё одним значительным преимуществом ГИИ является его способность выявлять и устранять несогласованности и конфликты в данных. ГИИ может анализировать различные источники информации, выявлять противоречия и предлагать варианты их разрешения, тем самым повышая общее качество и надежность базы знаний.

Генеративный искусственный интеллект представляет собой мощный инструмент, способный значительно расширить возможности систем управления знаниями. Он не только обеспечивает более глубокий

и точный анализ данных, но и способен адаптироваться к изменяющимся информационным потребностям, что делает его идеальным решением для сложных и динамичных информационных сред.

Таблица представляет общий обзор возможностей и ограничений каждой системы [7]. Она может служить отправной точкой для более глубокого анализа и сравнения этих систем в контексте управления базами знаний.

Таблица

Сравнение классов систем управления знаниями

Критерии	Традиционные КМ-системы	ИИ-системы	ГИИ-системы
Доступ к данным	Ограниченный поиск по ключевым словам	Расширенный поиск с использованием ИИ	Глубокий анализ с генерацией контента
Обработка запросов	Статичные ответы	Адаптивные ответы на основе ИИ	Динамичная генерация уникальных ответов
Анализ данных	Большей частью ручной	Автоматизир-й с элементами машинного обучения	Глубокий анализ с использованием сложных алгоритмов
Интеграция разнородных данных	Ограниченная	Умеренная	Высокая
Обучение и адаптация	Статичные, не обучаются	Ограниченное обучение	Непрерывное обучение и адаптация
Разрешение конфликтов данных	Ручное	Автоматизированное до определенной степени	Активное выявление и решение конфликтов
Пользовательский интерфейс	Традиционный, менее интуитивный	Улучшенный с элементами ИИ	Интуитивный, часто с естественным языковым интерфейсом
Доступ к данным	Ограниченный поиск по ключевым словам	Расширенный поиск с использованием ИИ	Глубокий анализ с генерацией контента

При всех преимуществах генеративного ИИ существуют также значительные риски, связанные с этой технологией. Например, исследования в области этики ИИ подчеркивают проблемы, связанные с предвзятостью данных, конфиденциальностью информации и вероятностью создания непроверенного или ложного контента. Эти факторы должны быть тщательно учтены при внедрении генеративных ИИ-систем.

Сравнивая генеративный ИИ с другими методами управления знаниями, можно отметить, что традиционные подходы, такие как базы данных и системы управления контентом, часто ограничиваются статическим хранением и поиском информации [8]. В то время как генеративный ИИ предлагает динамическое создание и адаптацию контента, что делает его более гибким и масштабируемым решением. Это особенно важно в условиях быстро меняющегося информационного ландшафта.

Заключение

В этой статье был проведен анализ развития систем управления знаниями, начиная от традиционных подходов и заканчивая современными инновациями в области искусственного интеллекта и генеративного искусственного интеллекта. Мы увидели, как эволюция технологий расширила возможности управления знаниями, предлагая более эффективные инструменты для решения сложных задач.

ГИИ открывают новые горизонты в управлении знаниями, предлагая более глубокий анализ и генерацию содержимого, что особенно важно для решения сложных и специализированных задач. Эти системы способны не только обрабатывать существующие данные, но и активно участвовать в создании новых знаний.

Будущее управления знаниями тесно связано с дальнейшим развитием и интеграцией генеративного ИИ. Это будет способствовать не только улучшению качества и доступности информации, но и повышению эффективности организационных процессов. ГИИ может стать ключевым инструментом в решении текущих и будущих вызовов в управлении знаниями.

Исследование показало, что интеграция генеративного ИИ в системы управления знаниями предоставляет значительные преимущества и открывает новые возможности для организаций и государственных структур. Продолжение разработок и исследований в этой области обещает значительные улучшения в управлении знаниями в будущем.

Список литературы

1. Путькина Л.В. Использование технологий искусственного интеллекта на предприятиях в России / Л. В. Путькина, В. Ф. Минаков, О. С. Лобанов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 3-2(141). – С. 73-76.
2. Серебрякова Т.А. Представление знаний как направление развития искусственного интеллекта / Т. А. Серебрякова, О. А. Солмина // Актуальные вопросы современной экономики. – 2023. – № 3. – С. 250-258.
3. Кравченко Ю.А. Интеллектуальные системы: эволюция моделей и методов приобретения, управления и передачи знаний / Ю.А. Кравченко, В. В. Курейчик, С. И. Родзин. – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2023. – 192 с.
4. Прохоров А.И. Современные тенденции управления знаниями в организации / А.И. Прохоров // Общество: социология, психология, педагогика. – 2023. – № 7(111). – С. 21-25.
5. Цифровая трансформация экономики: тенденции, поведение акторов, модели процессов / Д. Н. Верзилин, А.А. Волкова, С.А. Калайда [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2023. – 283 с.
6. Лобанов О.С. Инновации в когнитивных интерфейсах: пересмотр роли человека в цифровом обществе / О. С. Лобанов // Инновационные тренды и драйверы устойчивого развития социально-экономических процессов в условиях перехода к цифровому обществу : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции (Ставрополь, 16–17 октября 2023 года). – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2023. – С. 471-475.
7. Artificial intelligence (AI) and knowledge management (KM): two sides of the same coin? / Н. Smuts, С. Borgstein // Портал об управлении знаниями RealKM (14 ноября 2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realkm.com/2021/11/14/artificial-intelligence-ai-and-knowledge-management-km-two-sides-of-the-same-coin/>
8. Лебедева С.А. Использование интеллектуальных ИС в управлении знаниями предприятия: теория и практика / С. А. Лебедева // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2022): Сборник научных трудов XXV Российской научной конференции (Москва, 06–07 декабря 2022 года). / Под научной редакцией Ю.Ф. Тельнова. Том 2. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2022. – С. 269-272.

Формирование базы знаний о технологии проведения химических реакций с использованием информации из неструктурированных PDF-файлов

П. А. Хоменко, email: khpolina01@gmail.com

В. В. Гаршина, email: garshina.veronika@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. В данной работе рассматривается сравнительный анализ существующих решений для автоматизированного извлечения реакций из химической литературы, а также проводится дополнительное обучение модели ChemBERT с оценкой полученных результатов.

Ключевые слова: химические реакции, глубокое обучение, схема реакции, извлечение продукта, маркировка ролей, ChemBERT, Transformer.

Введение

Научная литература, например, журнальные статьи и патенты является одним из важнейших источником информации для специалистов из области химии в поиске способов проведения конкретных химических реакций или синтетических процедур, представляющих интерес. Существующие базы данных реакций обычно заполняются специалистами путем ручной абстракции, что отнимает много времени и сил, особенно с учетом экспоненциального роста специализированной литературы за последние годы. Эта проблема мотивирует разработку автоматизированных методов извлечения информации о реакциях из неструктурированных текстовых данных.

Для того чтобы получить значимые данные из текста, необходимо следовать методу, который называется Интеллектуальный анализ текста или Text Mining, что представляет собой одну из разновидностей методов Data Mining и подразумевает процессы извлечения знаний и высококачественной информации из текстовых массивов.

Данное исследование сосредоточено на разработке автоматизированных методов извлечения реакций из химической литературы. В качестве целевого источника информации рассматриваются журнальные публикации в формате PDF, которые отражают последние достижения в области химии.

1. Рассматриваемые номенклатуры

ИЮПАК (IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry) — Международный союз теоретической и прикладной химии. В качестве одного из основных направлений своей деятельности ИЮПАК разрабатывает Рекомендации по установлению однозначной, единообразной и последовательной номенклатуры и терминологии для конкретных научных областей.

При использовании систематической номенклатуры ИЮПАК, называя соединения, следует учитывать местоположение атомов углерода в молекуле и структурных элементов: выделяется базовая основа молекулы, в которой атомы водорода замещены на какие-либо структурные звенья или атомы. [2]

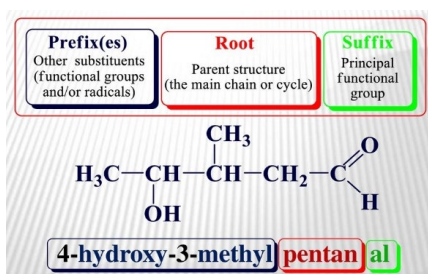


Рис. 1. Примеры образования наименования молекул согласно номенклатуре IUPAC

SMILES (Simplified Molecular Input Line Entry System) - это линейная номенклатура (метод с использованием печатных символов) для ввода и представления молекул и реакций.

SMILES - это настоящий язык, хотя и с простым словарным запасом (наименование атома и символы связи) и только несколько грамматических правил [3].

SMILES	Name	SMILES	Name
CC	ethane	[OH3+]	hydronium ion
O=C=O	carbon dioxide	[2H]O[2H]	deuterium oxide
C#N	hydrogen cyanide	[235U]	uranium-235
CCN(CC)CC	triethylamine	F/C=C\F	E-difluoroethene
CC(=O)O	acetic acid	F/C=C\F	Z-difluoroethene
C1CCCCC1	cyclohexane	N[C@@H](C)C(=O)O	L-alanine
c1ccccc1	benzene	N[C@H](C)C(=O)O	D-alanine

Рис. 2. Примеры образования наименования молекул согласно номенклатуре SMILES

2. Open Source Chemistry Analysis Routines (OSCAR)

Программное обеспечение Open-Source Chemistry Analysis Routines (OSCAR), инструментарий для распознавания именованных сущностей и данных в химических публикациях, разрабатывается с 2002 года. Недавнее обновление привело к разделению основной функциональности OSCAR и ее выпуску в виде библиотеки OSCAR4. Данная библиотека имеет модульный API, что позволяет разработчикам включать ее во внешние приложения. OSCAR4 реализует независимую от домена архитектуру, на основе которой могут быть построены новые инструменты для химического анализа текста. [5]

OSCAR4 можно вызывать из внешнего программного обеспечения, как показано в примерах на рис. 3.

```
String text = "The quick brown ethyl acetate jumps over the lazy bromine";
Oscar oscar = new Oscar();
List <NamedEntity> nelist = oscar.findNamedEntities(text);
```

Рис. 3. Java-код с использованием API OSCAR4 для идентификации химических именованных сущностей (CNEs) в блоке текста

Приведенный выше пример показывает, как можно использовать OSCAR4 без необходимости какого-либо понимания базовой технологии или реализации.

3. ChemDataExtractor

Набор инструментов ChemDataExtractor(CDE) представляет собой усовершенствованный конвейер обработки естественного языка для извлечения информации о химических свойствах из научной литературы. [4]

Общий процесс извлечения информации из научного текста выглядит следующим образом:

- Разбить документ на составные элементы (заголовков, параграфы, предложения, таблицы, рисунки);
- Токенизация текста для выделения отдельных лексем;
- Применить тегирование части речи для определения семантической роли каждой лексемы;
- Обнаружение химических именованных сущностей с помощью машинного обучения;
- Разбор текста и таблиц с помощью вложенных правил для выявления химических связей;

- Устранение взаимозависимостей между различными элементами;
- Вывод набора взаимно согласованных химических записей.

ChemDataExtractor, аналогично библиотеке OSCAR4, позволяет извлекать химическую информацию в полностью независимо от домена.

Хотя данный инструмент поддерживает анализ документов разнообразных форматах, авторы просят по возможности избегать использования PDF-версии статьи.

4. Рассматриваемая схема реакций

Химическая реакция может быть описана как процесс преобразования одного набора химических веществ в другой. Схема реакции должна быть достаточно информативной, чтобы отразить это преобразование, включая исходные химические вещества, результаты и условия реакции. Кроме химической информативности, схема должна быть краткой и удобной для моделей, управляющих данными. В соответствии с этим принципом, была выбрана схема, в которой реакции представлены в едином семантическом фрейме, с продуктом в качестве центрального фактора и восемью связанными с ним ролями реакции (реактанты, тип реакции, катализатор/реагенты, рабочие реагенты, растворитель, температура, время и выход). В таблице ниже приведены подробные объяснения каждой из предопределенных ролей в схеме.

5. Программные результаты

Задача извлечения реакции может быть переформулирована как задача прогнозирования структуры, которая принимает на вход последовательность лексем и выдает структуры реакций, каждая из которых содержит набор пар отношений продукт-роль.

Рассмотрим двухэтапную конвейерную систему, сочетающую модуль извлечения продукта и модуль маркировки роли реакции для извлечения реакций. На первом этапе модуль извлечения продукта ставит перед собой задачу идентифицировать все возможные объекты-продукты из данного текста. Для каждого продукта использовался модуль маркировки роли реакции, который извлекал связанные с ним элементы, соответствующие различным ролям реакции, представленным в контексте, которые вместе формировали окончательную структуру реакции. Эти два модуля обучались независимо друг от друга, и данные по обучению были собраны для каждого из них в зависимости от конкретной задачи из аннотированной базы данных.

Схема реакции с подробным объяснением каждой конкретной роли

<i>Роль</i>	<i>Описание</i>
Продукт	Химическое вещество, являющееся конечным результатом (основным продуктом) реакции
Реактант	Химические вещества, которые вносят тяжелые атомы в продукт
Катализатор / Реагенты	Химические вещества, которые участвуют в реакции, но не дают тяжелых атомов (например, кислоты, основания, комплексы металлов)
Реагенты для обработки	Химические вещества, которые используются после для завершения реакции или получения продукта (например, реагенты для тушения, экстракционный растворитель, нейтрализующие кислоты/основания)
Растворитель	Химические вещества, используемые для растворения/смешивания других химических веществ, обычно количественно измеряемые по объему и используемые в сверхстехиометрических количествах (например, вода, толуол и т.д.)
Температура	Температура, при которой происходит реакция
Время	Продолжительность проводимой реакции
Тип реакции	Описание типа химической реакции
Выход	Выход продукта

We found that compound 3a could be effectively transformed to (E)-3-methyleisindolin-1-one in the presence of a catalytic amount of both K_2CO_3 and Bu_3P at 60 °C, while it was fully transformed to (Z)-3-methyleisindolin-1-one at 150 °C in the presence of Bu_3P .



<p>Reaction 1</p> <p>Product: (E)-3-methyleisindolin-1-one</p> <p>Roles:</p> <p>Reactant: ['3a']</p> <p>Catalysts: [K_2CO_3, 'Bu_3P']</p> <p>Temperature: 60 °C</p>
<p>Reaction 2</p> <p>Product: (Z)-3-methyleisindolin-1-one</p> <p>Roles:</p> <p>Reactant: ['3a']</p> <p>Catalysts: ['Bu_3P']</p> <p>Temperature: 150 °C</p>

Рис. 4. Пример выделенных реакций с использованием предложенной схемы

Аннотирование наборов данных о химических реакциях требует больших трудозатрат и специальных знаний, поэтому необходимо уменьшить зависимость от большого количества размеченных данных, обычно необходимых для контролируемого обучения глубоких нейронных моделей. Для этого было выбрана стратегия дополнительного обучения ChemBERT v3.0 - предварительно обученный текстовый кодер на основе Transformer (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) на молекулярных данных для обнаружения объединенных молекулярных представлений.

Кодировщик ChemBERT был соединен с декодерами для конкретных задач (детектирование и аннотирование химических сущностей) и настроен с использованием ограниченного количества информации для каждой конечной задачи. Кроме того, входные тексты для маркировки ролей в рамках реакции должны были быть релевантными - описывать по крайней мере одну химическую реакцию и ее основной продукт, таким образом, образуя гораздо более ограниченное подпространство текстов общей химической литературы.

Для достижения поставленной задачи было проведено дополнительное обучение модели на пользовательских данных. Обучающие данные должны были содержать тексты (последовательности токенов) и известные целевые метки. Была использована стандартная схема маркировки для информации из химической сферы, где B-{type} указывает начало определенного типа объекта (например, продукт, реагенты, растворитель) и I-{type} означает внутреннюю часть объекта.

Извлечение ролей реакции подразумевает наличие нескольких столбцов меток, каждый из которых соответствует одному продукту.

#	passage=10.1021/ja00020a078-5	segment=1		
Reaction	0	0	0	
of	0	0	0	
diphenylacetylene		B-Reactants	B-Reactants	B-Reactants
with	0	0	0	
complex	0	0	0	
19A	B-Reactants	B-Reactants	0	
led	0	0	0	

Рис. 5. Разметка в стиле CoNLL и маркировка ролей в реакции.

Для тестирования полученных результатов был использован небольшой кусок текста.

We were excited to find that , with 2.0 equiv of copper acetate and DMSO as the solvent , 2-(3-(methylthio)naphthalen-2-yl)pyridine was obtained as a single product in 89 % yield at 125 °C (Table 1) .

Extract

We were excited to find that , with 2.0 equiv of copper acetate and DMSO as the solvent ,

Catalyst

Solvent

2-(3-(methylthio)naphthalen-2-yl)pyridine was obtained as a single product in 89 % yield at 125 °C (Table 1) .

Product.01

Yield

Temperature

Рис. 6. Результат работы дообученной модели на тексте, используемого для экспертной оценки

Оценка производительности моделей по маркированию ролей реакции проводилась на отдельных тестовых наборах с использованием стандартных метрик: Precision, Recall и F1- score (F1).

$$Precision = \frac{TruePositives}{(TruePositives + FalsePositives)} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TruePositives}{(TruePositives + FalseNegatives)} \quad (3)$$

$$F_1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{(Precision + Recall)} \quad (4)$$

Были получены следующие результаты:

Таблица 2

Результаты оценки моделей по производительность извлечения продуктов с использованием стандартных меток.

	Precision(%)	Recall(%)	F ₁ (%)
BERT	54.3	49.1	51.6
BioBERT	78.8	56.8	66.0
ChemBERT	76.4	61.3	68.0
NEW_ChemBERT	84.6	69.4	76.2

Результаты оценки моделей по производительность извлечения ролей с использованием стандартных меток.

	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	F_1 (%)
BERT	69.2	69.2	69.2
BioBERT	73.3	75.5	74.3
ChemBERT	77.0	76.4	76.7
NEW_ChemBERT	79.3	78.1	78.7

На уровне предложений ChemBERT достиг значительного превосходства над BERT, а адаптивный к задачам NEW_ChemBERT дает дополнительные 2% улучшения в метрике F1- score (F1).

Заключение

Данная статья посвящена анализу готовых средств и разработке методик по выделению именованных сущностей типа «молекула–реактив».

Были рассмотрены готовые решения - OSCAR4, что реализует независимую от домена архитектуру, на основе которой могут быть построены новые инструменты для анализа, а также ChemDataExtractor, что в свою очередь реализует усовершенствованный конвейер обработки естественного языка статей из области химии. Каждое из существующих решений обладает недочетами, например, авторы ChemDataExtractor просят по возможности избегать использования PDF-файлов в качестве источника данных.

Для решения задачи детектирования молекулярных наименований в форме номенклатуры ИЮПАК и маркирования ролей сущностей в рамках рассматриваемой реакции была использована предобученная модель ChemBERT. Данная модель была выбрана за универсальный формат разметки текстового корпуса в стиле CoNLL. В рамках экспертной оценки полученных результатов разбиения на токены, а также маркирования ролей лексических единиц наблюдается дробление на составные части наименований молекул, однако данные элементы все еще опознаны входящими в состав реакций.

Список литературы

1. The CHEMDNER corpus of chemicals and drugs and its annotation principles / Martin Krallinger [и др.] // *Journal of Cheminformatics*. – 2015. – N. 1. – P. 1-17.
2. Learning continuous and data-driven molecular descriptors by translating equivalent chemical representations. / Robin Winter [и др.] // *Chemical Science*. — 2019. – N. 10. – P. 1692-1701.
3. ChemDataExtractor: A Toolkit for Automated Extraction of Chemical Information from the Scientific Literature [Электронный ресурс]: набор инструментов. – Режим доступа: <http://chemdataextractor.org/docs/intro>
4. OSCAR: an extensive repository of chemically and functionally diverse organocatalysts. / Simone Gallarati [и др.] // *Chemical Science*. — 2022. – N. 13. – P. 13782-13794.
5. ChemicalTagger: A tool for semantic text-mining in chemistry. / Hawizy, L. [и др.] // *J. Cheminf.* – 2021. – N. 3. – P. 17-31.
6. Prediction of organic reaction outcomes using machine learning. / Coley C.W. [и др.] // *ACSCent. Sci.* – 2017. – N. 3. – P. 434–443.
7. Using machine learning to predict suitable conditions for organic reactions. / Gao H. [и др.] // *ACSCent. Sci.* – 2018. – N. 4. – P. 1465–1476.
8. Automated extraction of chemical synthesis actions from experimental procedures. / Vaucher A.C. [и др.] // *Nat. Commun.* – 2020. – N. 11. – P. 1–11.

TF-IDF, Bag-of-words, Word2Vec и N-граммы для решения задачи классификации слухов в новостях

А. Д. Худобин, email: 2001kad@mail.ru
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

***Аннотация.** Рассматриваются различные методы векторизации текстов с целью разделения новостей в созданном датасете на классы, которые содержат слухи или факты. Приведены результаты экспериментов с решением задачи классификации для методов векторизации TF-IDF, Bag-of-words, Word2Vec.*

***Ключевые слова:** слухи, классификация, TF-IDF, Bag-of-words, N-граммы, регулярные выражения.*

Введение

Во многих современных СМИ «желтой» направленности есть рубрики с названиями: Слухи, Сплетни, Версия. Формально подобные рубрики анонсируют, что в них содержится непроверенная информация, а фактически они часто используются для очернения своих героев [1].

Сейчас новости, которые можно отметить как слухи, встречаются в СМИ не только в отдельных разделах для них, но и там, где должны быть факты.

Задача классификации, в которой производится отделение слухов от фактических новостей актуальна, потому что слухов в новостях становится все больше, а реализаций способных их удалить нет.

1. Алгоритм решения

Для решения задачи отделения слухов от фактических новостей необходимо выполнить следующие действия:

- Выгрузить новости нескольких различных тематик, которые содержат слухи, провести разметку данных вручную для отделения реальных новостей от слухов.
- Провести предварительную обработку данных, чтобы иметь возможность корректно обрабатывать текст.
- Провести векторизацию различными способами (TF-IDF, Bag-of-words, Word2Vec), чтобы впоследствии провести сравнения и сделать выводы об их эффективности.
- Решить задачу классификации различными методами машинного обучения.

2. Подготовка данных

Для решения задачи был создан датасет из новостей, полученных с сайтов sports.ru и argumenti.ru.

Со sports.ru было выгружено 3979 новостей, которые относятся к двум классам: Спорт и Спортивные слухи. Эти новости относятся к трансферам (переходы футболистов в другие клубы) и трансферным слухам. На сайте эти новости выделены в отдельные разделы. Отличить трансфер от трансферного слуха легко: в слухах есть такие слова, как «может», «возможно», а новости с уже произошедшими переходами имеют глаголы прошедшего времени, такие как «перешёл», «согласовал», часто содержат фотографии.

С argumenti.ru было выгружено 8199 новостей, которые относятся к четырем классам: Наука, Научные слухи, Политика, Политические слухи. На этом сайте новости разделены лишь на два класса: Наука, Политика.

Разметка данных, полученных с сайта argumenti.ru, была проведена вручную, новости были разбиты на четыре класса. Новости науки были отнесены к слухам, если в них писали о таблетках от старения, машинах времени, отношениях между мужчиной и женщиной или о чём-то, что еще не произошло. К фактическим новостям относились данные, в которых содержалась информация о том, что произошло (раскопки, взлеты ракет, высказывания официальных лиц). Новости политики были отнесены к слухам, если они содержат комментарии о том, что произойдет в будущем в конфликте между Россией и Украиной.

Всего датасет содержит 12178 новостей.

В табл. 1 показано, сколько данных содержит каждый класс и сколько новостей есть в тренировочном и тестовом наборах данных.

Таблица 1

Данные в датасете

Наука	Научные слухи	Политика	Полит. Слухи	Спорт	Спорт. Слухи
1639	2534	3745	281	1999	1980
Тренировочная часть			Тестовая часть		
8524			3654		

3. Предварительная обработка данных

Перед решением задачи классификации необходимо провести предварительную обработку данных. Опишем ее основные этапы:

- очистить все новости с помощью регулярных выражений;
- разбить все новости на токены (слова);

- провести лемматизацию всех токенов (привести слова к начальной форме);
- удалить стоп-слова.

4. Bag-of-words

Теперь перейдем к сравнению методов векторизации.

Этап предварительной обработки данных для всех методов одинаковый, чтобы сравнение было объективным.

Результаты будут оцениваться с помощью Accuracy (точность), которая показывает долю правильных классификаций (1).

$$Accuracy = \frac{TruePos + TrueNeg}{TruePos + TrueNeg + FalsePos + FalseNeg} \quad (5)$$

Если классов больше двух, сложим все элементы на главной диагонали матрицы ошибок и разделим на сумму всех элементов матрицы ошибок (2).

$$Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ii}}{\sum_{i,j=1}^n a_{ij}} \quad (6)$$

Bag-of-words – текст представляется в виде мультимножества (мешка) его слов. Порядок слов не учитывается, но хранится их количество. Количество вхождений слова называется частотностью термина (term frequency, TF).

5. TF-IDF

TF-IDF – частотность термов по отношению к обратной частотности документа. TF-IDF используется, чтобы понять, насколько важно каждое из слов для общего смысла фрагмента текста в наборе документов [2].

В табл. 2 показаны результаты классификации для TF-IDF и Bag-of-words.

Таблица 2

TF-IDF u Bag-of-words

	Bag-of-words	TF-IDF
Градиентный бустинг (XGBoost)	0,861	0,857
Гребневая регрессия (Ridge Classifier)	0,839	0,875

	Bag-of-words	TF-IDF
Случайный лес (Random Forest)	0,840	0,842
Метод опорных векторов с линейной функцией ядра (Linear SVC)	0,867	0,876
Стохастический градиентный спуск (SGD Classifier)	0,863	0,874
Логистическая регрессия (Logistic Regression)	0,875	0,873
Метод k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbors, K-NN)	0,211	0,839
Дерево решений (Decision Tree Classifier)	0,771	0,774

На рис. 1. изображена матрица ошибок для классификации с Bag-of-words.

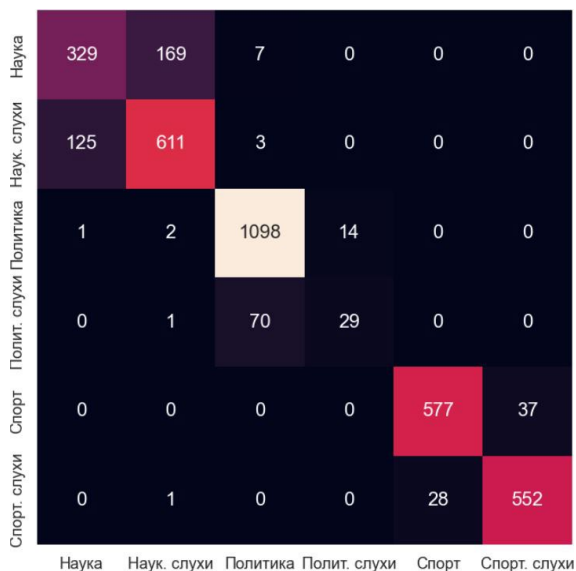


Рисунок. Матрица ошибок, Bag-of-words

6. Word2Vec

Word2Vec используется для получения векторных представлений слов с невысокой фиксированной размерностью. Векторное представление основано на контекстной близости: слова,

встречающиеся в тексте рядом, имеют высокое косинусное сходство. В Word2Vec реализованы два основных алгоритма обучения:

- Skip-gram – выходные слова предсказываются на основе входного слова.
- CBOW – выходное слово предсказывается по входным словам, то есть предугадывается текущее слово, основываясь на окружающем контексте.

Skip-gram работает с редкими словами лучше, чем CBOW [3–4].

Фиксированная размерность является преимуществом Word2Vec в сравнении с TF-IDF, так как в результате работы TF-IDF на выходе могут получиться векторы размерностью в десятки тысяч измерений, что усложнит работу [5].

Используя Word2Vec можно работать с предобученными на большом количестве данных моделями.

В табл. 3 показаны результаты классификации для Skip-gram и CBOW.

Таблица 3

CBOW и Skip-gram

	CBOW	Skip-gram
Градиентный бустинг (XGBoost)	0,828	0,861
Гребневая регрессия (Ridge Classifier)	0,812	0,849
Случайный лес (Random Forest)	0,828	0,853
Метод опорных векторов с линейной функцией ядра (Linear SVC)	0,834	0,853
Стохастический градиентный спуск (SGD Classifier)	0,822	0,837
Логистическая регрессия (Logistic Regression)	0,835	0,852
Метод k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbors, K-NN)	0,811	0,840
Дерево решений (Decision Tree Classifier)	0,754	0,783

В табл. 4 показаны результаты классификации для предобученных Word2Vec моделей.

Таблица 4

Предобученные Word2Vec модели

	Сс.ru	Ruwiki	Wiki-lenta
Количество уникальных слов	600000	2602507	977837
Градиентный бустинг (XGBoost)	0,838	0,846	0,857

	Сс.ru	Ruwiki	Wiki-lenta
Гребневая регрессия (Ridge Classifier)	0,820	0,845	0,852
Случайный лес (Random Forest)	0,810	0,831	0,851
Метод опорных векторов с линейной функцией ядра (Linear SVC)	0,810	0,852	0,862
Стохастический градиентный спуск (SGD Classifier)	0,802	0,849	0,860
Логистическая регрессия (Logistic Regression)	0,802	0,851	0,860
Метод k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbors, K-NN)	0,780	0,799	0,814
Дерево решений (Decision Tree Classifier)	0,705	0,705	0,744

На рис. 2. изображена матрица ошибок для классификации с предобученным Word2Vec Wiki-lenta.

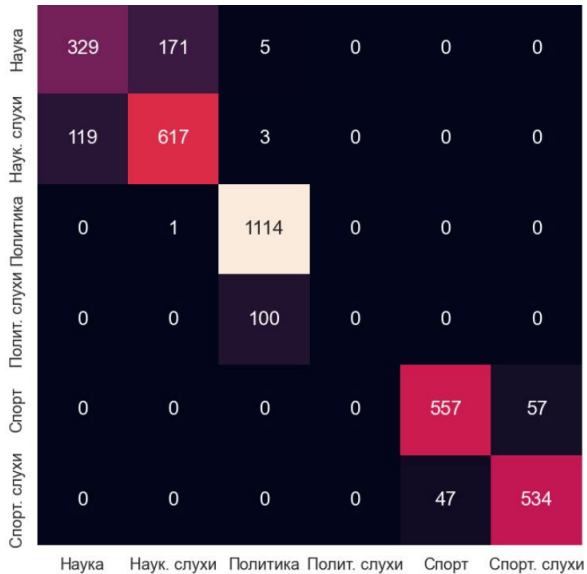


Рис. 7. Матрица ошибок, предобученный Word2Vec

7. N-Граммы

N-грамма – последовательность слов из N элементов.

Проведем векторизации TF-IDF и Bag-of-words, используя различные N-граммы.

В табл. 5 показаны результаты классификации для TF-IDF с N-граммами.

Таблица 5

TF-IDF с N-граммами

	биграмма	уни-, биграмма	уни-, би-, триграмма
Градиентный бустинг (XGBoost)	0,779	0,855	0,853
Гребневая регрессия (Ridge Classifier)	0,851	0,872	0,869
Случайный лес (Random Forest)	0,778	0,820	0,810
Метод опорных векторов с линейной функцией ядра (Linear SVC)	0,851	0,875	0,876
Стохастический градиентный спуск (SGD Classifier)	0,856	0,876	0,874
Логистическая регрессия (Logistic Regression)	0,831	0,866	0,861
Метод k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbors, K-NN)	0,804	0,849	0,848
Дерево решений (Decision Tree Classifier)	0,705	0,759	0,746

В табл. 6 показаны результаты классификации для Bag-of-words с N-граммами.

Таблица 6

Bag-of-words с N-граммами

	биграмма	уни-, биграмма	уни-, би-, триграмма
Градиентный бустинг (XGBoost)	0,800	0,858	0,857
Гребневая регрессия (Ridge Classifier)	0,847	0,873	0,874

	биграмма	уни-, биграмма	уни-, би-, триграмма
Случайный лес (Random Forest)	0,782	0,823	0,814
Метод опорных векторов с линейной функцией ядра (Linear SVC)	0,842	0,874	0,874
Стохастический градиентный спуск (SGD Classifier)	0,853	0,871	0,873
Логистическая регрессия (Logistic Regression)	0,847	0,874	0,869
Метод k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbors, K-NN)	0,168	0,172	0,169
Дерево решений (Decision Tree Classifier)	0,744	0,786	0,790

На рис. 8. изображена матрица ошибок для классификации с TF-IDF, с униграммами, биграммами и триграммами.

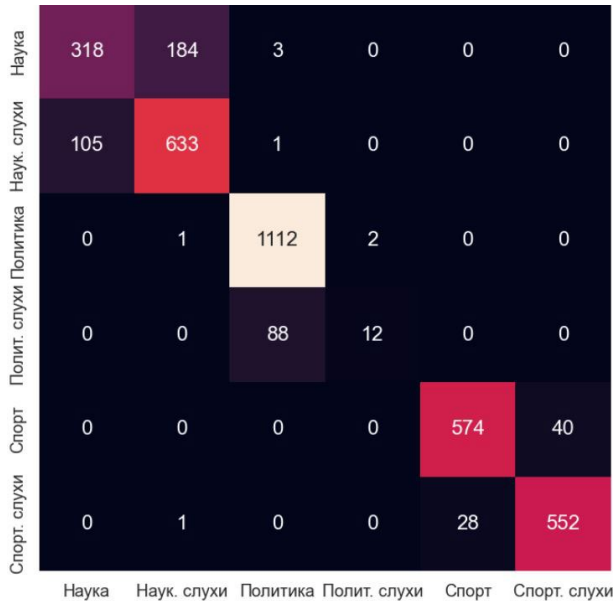


Рис. 8. Матрица ошибок, TF-IDF, уни-, би-, триграммы

Заключение

Таким образом, предлагается подход к решению задачи классификации слухов в новостях. Был создан датасет, который содержит новости политики, спорта и науки. Затем производилась разметка данных вручную: для каждого класса выделялись слухи и факты. В итоге получился датасет, состоящий из шести классов: три содержат слухи, три – факты. Потом была проведена предобработка данных, векторизация различными методами и была решена задача классификации различными методами машинного обучения.

Лучшая точность, которая была получена в ходе работы, составила 0,876. Её имеет TF-IDF с уни-, би-, триграммой.

У Word2Vec результаты хуже, чем у TF-IDF или Bag-of-words, но с очень большим датасетом Word2Vec может начать получать результаты лучше, чем TF-IDF и Bag-of-words. Также был проведен тест с TF-IDF и n-граммами от униграммы до 6-граммы. Размерность вектора составила 2552608, а точность стала хуже в сравнении с уни-, би-, триграммой.

Классификация на части датасета, которая содержала спортивные новости, имела точность больше 0,9, на части датасета, которая содержала научные новости – около 0,75. Оба результата показывают, что классификация работает, спортивная часть имела данные, которые легко отличить друг от друга, а в научной часто сложно определить, к чему относится новость, поэтому точность 0,75 – хороший результат.

В политической части не удалось выделить слухи, скорее всего, были выделены не все слухи, связанные с темой, поэтому необходимо переразметить данные в политической части.

Дальнейшие работы будут связаны с увеличением классов и количества новостей в датасете, улучшением результатов классификации благодаря использованию нейронных архитектур.

Список литературы

1. Лингвистическая экспертиза в трудах Воронежской ассоциации экспертов-лингвистов: монография / Ж. В. Грачева [и др.] ; под ред. М. Е. Новичихиной, А. В. Рудаковой. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2023. – 357 с.
2. Хобсон Л. Обработка естественного языка в действии / Л. Хобсон, Х. Хапке, К. Ховард. – СПб.: Питер, 2020. – 576 с.
3. Cahyani D. E. Performance comparison of TF-IDF and Word2Vec models for emotion text classification / D. E. Cahyani, I. Patasik // Bulletin of Electrical Engineering and Informatics – 2021. – N. 5 – P. 2780–2788.
4. Abubakar H.D. Sentiment Classification: Review of Text Vectorization Methods: Bag of Words, Tf-Idf, Word2vec and Doc2vec /

H. D. Abubakar, M. Umar, M. A. Bakale // Sule Lamido University Journal of Science & Technology – 2022. – N. 4 – P. 27–33.

5. Линькова Г. В. Сравнение методов векторных представлений текстов в задачах классификации вакансий / Г. В. Линькова, Д. С. Ботов // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки – 2018. – № 6 – С. 96–113.

Проектирование инструмента управления потоком задач для системы автоматического анализа текстов

П. А. Чересов, email: veterok.email@mail.ru

Московский Авиационный Институт

Аннотация. В работе рассмотрены алгоритмы планирования задач с целью выбора наиболее подходящего из них для проектирования инструмента управления потоком лингвистических задач. Задачи обрабатываются фреймворком TAWT, предоставляющим инструменты для автоматизированного анализа текста на естественном языке. Спроектированная архитектура системы и принцип управления потоком задач позволят предотвратить дискриминацию задач и увеличат равномерность распределения ресурсов между задачами.

Ключевые слова: компьютерная лингвистика, управление потоком задач, TAWT, алгоритмы планирования, дискриминация задач, диспетчеризация.

Введение

В настоящее время накопился большой объём хранящейся в текстовом виде информации, который с каждым днём только увеличивается. В связи с этим растёт и актуальность её автоматической обработки [4].

Наличие большого множества естественных языков, их особенностей, сложности их структуризации, привело к созданию множества разрозненных инструментов для автоматической обработки текстов. Каждый из них различается по способу взаимодействия с пользователем (инфраструктура, сервис, программный интерфейс, библиотека или фреймворк) [1], используемым алгоритмам анализа текста, поддерживаемым естественным языкам, используемым технологическим решениям.

Одним из инструментов автоматического анализа текста является фреймворк TAWT [1], предназначенный для работы с текстами на русском языке, ориентированный на работу с большими объёмами данных и использование в прикладных системах.

1. Обзор фреймворка TAWT

TAWT (Tools for Automated Work with Text) – фреймворк, набор инструментов для работы с текстами на русском языке. Он

предоставляет разработчикам различные структуры данных и инструменты для проведения автоматического анализа текста [1].

Фреймворк TAWT используется на практике для решения ряда прикладных задач [2]:

- Валидация структуры документа на соответствие стандартам ГОСТ.
- Валидация наличия в тексте аббревиатур из раздела «Термины и определения».
- Поиск схожих технических решений из перечня на основе технического задания.
- Аннотирование текстов.
- Реферирование текстов.
- Распознавание мошеннических сообщений.
- Подбор синонимов с учётом тематики.

2. Проблемы обработки большого множества задач

TAWT – это фреймворк, который был создан для работы с большими объёмами данных и для решения прикладных задач любой сложности. В ходе анализа применения фреймворка в системах при наличии большого потока задач на обработку был выявлен ряд возникающих проблем:

- Трудоёмкая задача не будет давать остальным задачам в потоке даже начать обрабатываться. Частичным решением может быть использование двух потоков для обработки, однако это не решает проблемы целиком, если трудоёмких задач будет много.
- Вместо одной трудоёмкой задачи может быть множество относительно небольших задач и одна очень простая задача, причём эти более крупные задачи в очередь на обработку поступили раньше.
- При обработке одной из задач может возникнуть ошибка и отследить её в большом потоке будет достаточно трудно.

Для решения этих проблем необходима разработка инструмента для управления потоком задач, связанных с компьютерной лингвистикой для применения совместно с фреймворком TAWT.

3. Обзор алгоритмов планирования задач

Для управления потоками задач требуется определить алгоритм организации очереди из этих задач.

Планирование – процесс выбора задачи из очереди задач, ожидающих обработки, и передача её обработчику [6].

Все алгоритмы планирования включают в себя две части:

- Организация очереди или очередей задач: правила принятия решения о том, когда обрабатывать задачу и сколько времени на обработку необходимо ей выделить.
- Реализация планирования: выбор подходящих структур и алгоритмов, позволяющих реализовать данные правила.

Далее рассмотрены следующие алгоритмы планирования, используемые в операционных системах (ОС) [6]:

- FCFS (First Come First Served).
- SJF (Shortest Job First).
- Планирование с приоритетами.
- Круговой алгоритм планирования (Round-Robin).
- Планирование с многоуровневой очередью.

Планирование FCFS является самым простым и очевидным алгоритмом, работающим по принципу «первый пришёл, первый обслужен» (принцип FIFO). Организация очереди наиболее проста: каждая поступающая задача автоматически становится в конец очереди и ждёт своего выполнения.

Самый главный недостаток такого алгоритма – возможное простаивание простых задач из-за появления в очереди и последующей обработки трудоёмкой задачи [7].

Планирование SJF работает по принципу «кратчайшая задача – первой». Каждой задаче присваивается «номер в очереди», соответствующий времени её выполнения. На этой основе организована очередь задач – самыми первыми на обработку будут поступать те, которые имеют минимальное время выполнения. Задачи с одинаковым временем выполнения обслуживаются согласно алгоритму FCFS.

У данного алгоритма есть 2 недостатка [7]:

1. Сложность определения времени выполнения задачи.
2. Проблема дискриминации трудоёмких задач. При достаточной загрузке сервиса трудоёмкая задача может никогда не быть выполнена.

Алгоритм SJF также может быть вытесняющим. Это значит, что при поступлении в очередь задачи, чьё время выполнения меньше, чем оставшееся время выполнения текущей, последняя приостанавливается и ставится в начало очереди. Вместо неё начинается обработка новой задачи.

Планирование с приоритетами является общим случаем алгоритма SJF, только в нём вместо времени выполнения используется другая характеристика – приоритет. При этом, приоритет – фиксированная величина, которая принадлежит некоторому ограниченному диапазону.

Приоритеты бывают двух видов [6]:

1. Внутренние приоритеты. Для их вычисления используются различные измеримые величины, например, среднее время выполнения задачи или количество потребляемой памяти.

2. Внешние приоритеты. Для их вычисления используются критерии, не зависящие от конкретной задачи, например, её важность.

Так же, как и алгоритм SJF, планирование с приоритетом может быть вытесняющим.

Главным недостатком алгоритма с приоритетами является проблема дискриминации. Она обычно возникает в высоконагруженных системах, когда в очередь поступает низкоприоритетная задача. Постоянный поток задач с высоким приоритетом может задерживать её в очереди на довольно долгое время [7].

Решением этой проблемы является «механизм старения» – постепенное повышение приоритета задач, находящихся в очереди. Благодаря ему, даже самая низкоприоритетная задача в течении некоторого промежутка времени станет иметь достаточно высокий приоритет, чтобы поступить на обработку.

Круговой алгоритм планирования основан на алгоритме FCFS, но с добавлением механизма вытеснения. В начале планирования определяется некоторый небольшой отрезок времени, называемый квантом времени ϵ .

Каждая задача за один раз не может обрабатываться больше, чем определённый квант ϵ . По истечению кванта ϵ текущая выполняемая задача приостанавливается и ставится в конец очереди, а на обработку поступает следующая в очереди задача.

В случае, если задача выполняется за меньшее количество времени, чем квант ϵ , то планировщик просто переходит на следующую задачу в очереди. Каждая новая задача автоматически ставится в конец очереди.

Очень важно выбрать оптимальный квант времени ϵ . Если он будет слишком маленьким, то большую часть времени планировщик будет тратить на переключение задач. С другой стороны, если квант времени ϵ будет слишком большим, то круговой алгоритм планирования просто вырождается в очередь FCFS [6].

Ещё одним недостатком является очень высокое время ожидания выполнения задач [7]. Если в потоке будет n трудоёмких задач, то время обработки самой быстрой из них увеличится минимум в n раз, т.к. ресурсы между ними распределяются равномерно.

Алгоритм планирования с многоуровневой очередью используется в том случае, когда все задачи можно явно разбить на отдельные классы. Разбиение обычно происходит по следующим признакам:

- Потребление задачей оперативной памяти.

- Потребление задачей вычислительных ресурсов процессора.
- Приоритет задачи.
- Тип задач (например, разделение на интерактивные и фоновые процессы на уровне ОС).

При выборе данного алгоритма для каждого класса задач выделяется своя отдельная очередь. При этом для разных очередей могут быть использованы разные алгоритмы планирования.

Также необходимо реализовать механизм планирования между самими очередями. В большинстве случаев выбирается самый простой способ – построение иерархии очередей, где каждая из них имеет абсолютный приоритет над какой-то другой очередью. Однако это приводит к появлению проблемы дискриминации задач.

В результате анализа алгоритмов планирования был сделан вывод, что для управления потоком задач, связанных с компьютерной лингвистикой, лучше всего подходит планирование с многоуровневой очередью, чтобы для разных классов задач использовать различные алгоритмы управления очередями.

В зависимости от прогнозируемого времени обработки задачи можно разделить на минимум 2 класса: быстрые и трудоёмкие. Соответственно, для этих задач будет 2 очереди, одна из которых будет с приоритетами и реализованным механизмом старения, а вторая без приоритетов (FCFS). В первую очередь будут попадать задачи с относительно небольшим временем выполнения, во вторую – медленные задачи. Это позволит разделить задачи с большой разностью во времени выполнения, использовать для них разные алгоритмы планирования и обрабатывать их разными обработчиками или потоками, что повысит эффективность распределения ресурсов между ними.

Можно выделить больше классов и очередей на основании времени обработки задач, однако это приведёт к усложнению алгоритмов и большему потреблению ресурсов на обслуживание этих очередей.

4. Проектирование архитектуры системы

Для построения схемы архитектуры была использована модель С4 – подход к построению архитектуры, рассматривающей её на 4 разных уровнях: контекста (взаимодействие с внешними системами), контейнеров (взаимодействие различных микросервисов или модулей внутри системы), компонентов (взаимодействие различных структур внутри отдельных контейнеров) и кода (описание реализации) [5]. Для проектирования инструмента управления потоком задач, необходимо спроектировать архитектуру на 2-ом и 3-ем уровнях.

Для разработки системы была выбрана микросервисная архитектура, одним из преимуществ которой является легкая интеграция

с решениями, использующими другой технологический стек. Схема архитектуры 2-ого уровня модели С4 изображена на рис. 1.

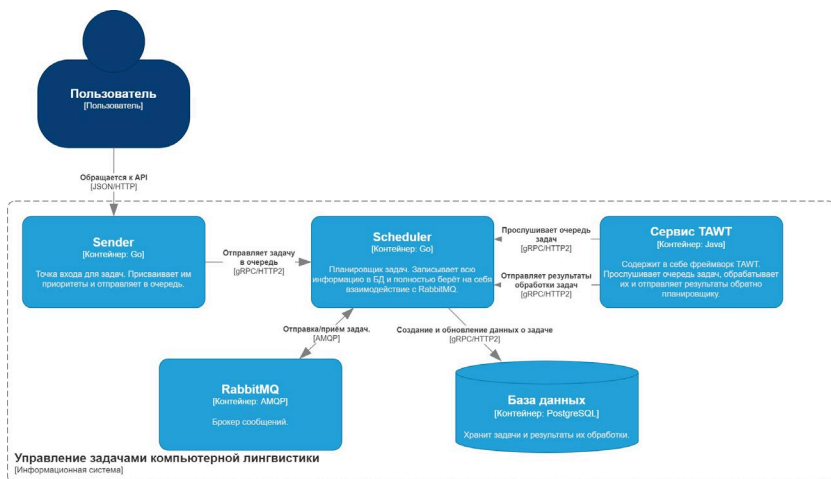


Рис. 1. Архитектура инструмента управления потоком задач

Система состоит из 3 микросервисов:

- Sender (отправитель).
- Сервис TAWT.
- Scheduler (планировщик).

Sender реализует взаимодействие между пользователем и остальной частью системы, принимает запросы на обработку текстов, вычисляет их приоритеты и отправляет планировщику. Схема архитектуры 3-ого уровня модели С4 для сервиса Sender изображена на рис. 2.

Сервис Sender состоит из следующих компонентов:

- Отправка текста на обработку. Принимает запрос от пользователя, который хранит текст и тип задачи, определяет его приоритет и отправляет в сервис планировщика. Возвращает идентификатор созданной задачи.
- Получение результата обработки задачи. Обращается к сервису планировщика и возвращает необходимые данные о задаче по её идентификатору.
- Определение приоритета. В зависимости от типа задачи и входных данных присваивает задаче приоритет.

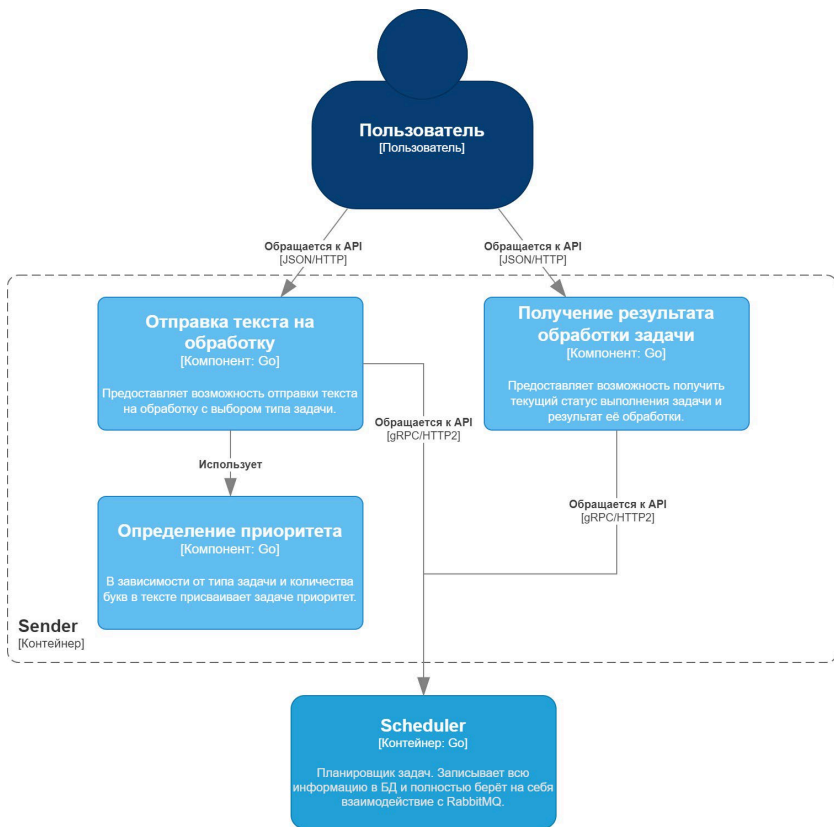


Рис. 2. Схема компонентов сервиса Sender

Сервис TAWT – сервис, который использует фреймворк TAWT для анализа текстов на русском языке. Через сервис планировщика осуществляет прослушивание очереди задач и отправка результатов в БД. Схема архитектуры 3-ого уровня модели С4 для сервиса TAWT изображена на рис. 3.

Сервис TAWT состоит из следующих компонентов:

- Прослушивание очереди быстрых задач.
- Прослушивание очереди медленных задач.
- Фреймворк TAWT.
- Интерфейс для взаимодействия с TAWT. Реализует взаимодействие с фреймворком TAWT, получает задачи из

компонентов прослушивания очередей и отправляет результаты обработки планировщику.

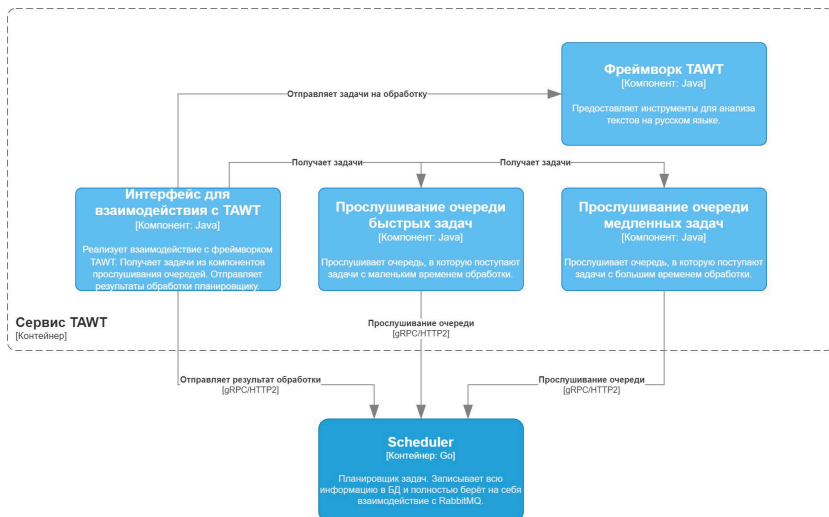


Рис. 3. Схема компонентов сервиса TAWT

Scheduler (планировщик) – центральная часть системы, одновременно взаимодействует со всеми остальными сервисами. Предоставляет сервисам Sender и TAWT интерфейсы для взаимодействия с БД и очередями. Схема архитектуры 3-ого уровня модели С4 для сервиса Scheduler изображена на рис. 4.

Сервис Scheduler состоит из следующих компонентов:

- Приём задачи. К данному компоненту обращается сервис Sender. Если приоритет полученной задачи минимальный, то отправляет её в очередь с медленными задачами. Иначе отправляет в очередь с быстрыми задачами.
- Сохранение результата. К данному компоненту обращается сервис TAWT после окончания обработки задачи. На вход поступает идентификатор задачи и результат её обработки. Данный компонент подтверждает выполнения задачи в очереди и сохраняет результат обработки в БД.
- Предоставление канала для прослушивания очереди.

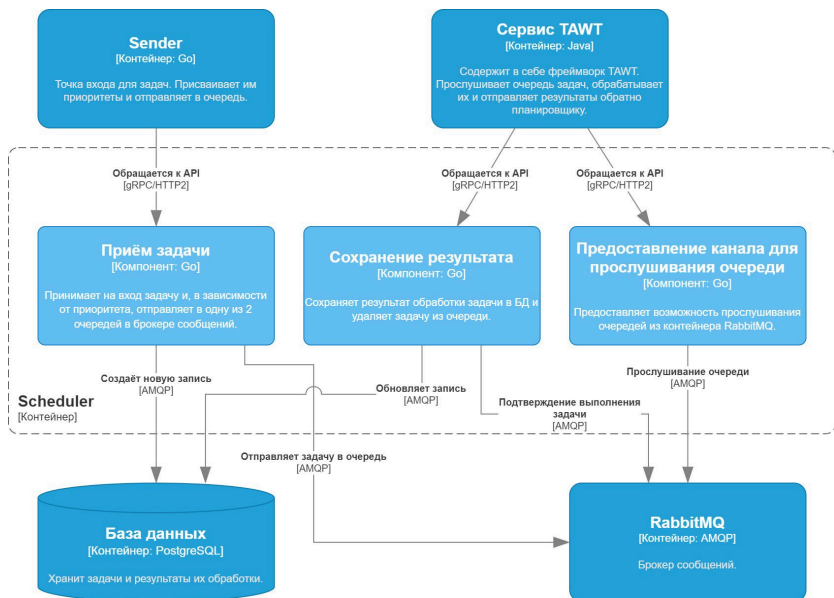


Рис. 4. Схема сервиса Scheduler

Создание отдельного сервиса планировщика позволит освободить остальные сервисы от необходимости инициализации, поддержки и обработки ошибок БД и брокера сообщений и предоставит единый интерфейс для работы с ними.

Заключение

Для создания инструмента управления потоком задач был проведён анализ существующих алгоритмов планирования очередей. В результате был спроектирован алгоритм работы с очередями, который позволит более равномерно распределять ресурсы между задачами и предотвратит их дискриминацию: как быстрых, так и трудоёмких.

Для использования уже существующих решений для хранения данных, управления очередями и обработки текстов на русском языке, была построена микросервисная архитектура инструмента управления потоком задач для системы автоматического анализа текста.

Список литературы

1. Полицына Е.В., Полицын С.А., Поречный А.С. Алгоритмы автоматизации анализа текста на русском языке для решения прикладных задач с применением фреймворка TAWT // Программные продукты и системы. – 2021. – Т. 34. – №. 2. – С. 37-48.

2. Полицына Е.В., Полицын С.А., Поречный А.С. Решение практических задач компьютерной лингвистики с помощью фреймворка TAWT // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. – 2021. – С. 604-611.
3. OpenCorpora [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://opencorpora.org> (Дата обращения: 01.01.2024).
4. Калмыкова Л.К. Роль компьютерной лингвистики в современном мире / Л. К. Калмыкова, О. И. Лопатина // Достижения вузовской науки 2020: Сборник статей XIV Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 20 мая 2020 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 60-63.
5. Vázquez-Ingelmo A., García-Holgado A., García-Peñalvo F. J. C4 model in a Software Engineering subject to ease the comprehension of UML and the software // 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). – IEEE, 2020. – С. 919-924.
6. Попов И.С. Операционные системы: планирование выполнения процессов : Учебно-методическое пособие / И.С. Попов. – Москва: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ имени М.В. Ломоносова (лицензия ИД N 05899 от 24.09.2001 г.), ООО "МАКС Пресс", 2015. – 52 с.
7. Singh P., Singh V., Pandey A. Analysis and comparison of CPU scheduling algorithms // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2014. – Vol. 4. – N.1. – P. 91-95.

Разработка программного обеспечения для анализа графа связей слов

Н. А. Экерт, e-mail: ekern7@gmail.com
И. Е. Воронина, e-mail: irina.voronina@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

***Аннотация.** Рассматривается актуальная проблема формирования критериев оценивания программного продукта на основе отзывов, представленных в электронной текстовой форме. Приводятся результаты разработки программных средств для анализа графа связей слов. Новизна заключается в создании программного обеспечения, пригодного для коммерческого использования, позволяющего автоматизировать процесс формирования критериев оценивания программного продукта.*

***Ключевые слова:** критерии оценивания, алгоритм поиска в глубину, алгоритм поиска в ширину, breadth-first search, depth-first search, алгоритм поиска слабо связанных компонентов, алгоритм поиска сильно связанных компонентов, метрика PageRank, метрика closeness centrality, метрика eigenvector centrality, метрика degree centrality.*

Введение

Решая актуальную на сегодняшний день задачу поддержания качества программного продукта на должном уровне, исследователи сталкиваются с множеством сложностей и ограничений. Основной проблемой является корректный анализ регулярно поступающей обратной связи от пользователей и формирование критериев оценивания программного обеспечения.

Задача является нетривиальной и требует комплексного решения. Необходимо наладить процесс обеспечения обратной связи в виде отзывов пользователей на программный продукт в целом и на каждую его версию в частности, получение, хранение и обработку этой информации. Важно ввести ограничения на получаемую информацию для её корректной обработки, что подразумевает проведение такого анализа в корпоративных сетях, а не в обычных социальных. Все отзывы на программный продукт должны быть представлены в электронной текстовой форме, отсутствует ненормативная лексика и сленговые выражения, допускается использование символов русского алфавита и знаков препинания. Все остальные символы, включая числа,

удаляются в процессе предварительной обработки данных. Для каждого отзыва сохраняется дополнительная информация в виде даты и времени опубликования отзыва и версии оцениваемого приложения.

Текст отзывов разделяется на предложения, каждое из которых проходит процедуру токенизации и лемматизации. Также удаляются все нерелевантные символы, исправляются опечатки и орфографические ошибки с помощью контекстно-независимого алгоритма выбора варианта при нечетком сравнении слов [1]. Для каждого слова из текста составляется векторное представление с помощью обучения модели Word2Vec [2].

Проблема формирования критериев оценивания может быть решена двумя способами: составлением критериев с помощью субъективной оценки, основываясь на личном опыте и особенностях программного продукта, или с помощью разделения корпуса текста на соответствующие каждому критерию кластеры. Для дальнейшего исследования был выбран второй вариант, для реализации которого возникла потребность в программном обеспечении, позволяющем представить данные в виде графа и выполнять необходимые операции с этой структурой данных.

1. Предъявляемые требования к программному обеспечению

Разработка собственного решения и отказ от использования присутствующих на рынке инструментов обусловлен выдвигаемыми к программному обеспечению требованиями.

Во-первых, в связи с планируемым использованием в корпоративных сетях, программное обеспечение должно распространяться по лицензии, допускающей не только применение в рамках научно-исследовательской деятельности, но и коммерческое использование. Во-вторых, программный продукт должен обладать поддержкой от команды разработчиков и возможностью расширять базовые функциональные возможности с помощью внешних модулей. В-третьих, программное обеспечение должно обладать приемлемой скоростью работы, позволяющей оперативно выполнять необходимые операции с графами. В-четвертых, программный продукт должен предоставлять возможность осуществлять все, необходимые в рамках научного исследования, действия с графами, а именно: поиск в глубину и ширину, поиск кратчайшего пути, поиск слабо связанных и сильно связанных компонентов. В-пятых, не должно быть ограничений на размер и количество входных и выходных данных. Наличие модуля интерактивной визуализации и удобный пользовательский интерфейс также являлись бы преимуществом при выборе.

Выполнив анализ имеющихся на рынке программных продуктов, результаты которого представлены в таблице 1, было решено разрабатывать собственное решение в связи с тем, что все проанализированные продукты не соответствовали хотя бы по одному ключевому требованию [3-10].

Таблица

Результаты исследования представленных на рынке программных продуктов для работы с графами

Название продукта	Предъявляемые требования			
	Открытая лицензия	Расширение базовых возможностей	Скорость работы	Требуемые модули
NetworkX	Да	Да	Высокая	Нет
Gephi	Да	Нет	Средняя	Нет
PyVis	Нет	Да	Средняя	Да
CXXgraph	Нет	Да	Высокая	Да
Cytoscape	Да	Да	Средняя	Нет
D3	Да	Да	Средняя	Нет
Bigraph	Да	Да	Средняя	Нет
Memgraph	Да	Нет	Высокая	Да

2. Структура программного обеспечения

В качестве языка программирования для разработки был выбран Python 3, так как данный язык интерпретируемый и предоставляет широкие возможности для использования инструментов аналитики и работы с данными. Применён объектно-ориентированный стиль проектирования. Разработана структура классов, диаграмма которых представлена на рисунке 1.

Класс Node используется для представления вершины графа, класс Edge для представления ребра. На основе данных классов создается абстрактный класс Graph, использующий для хранения структуры графа список смежности вместо матрицы смежности, что позволило существенно снизить нагрузку на память для неполных графов. Класс Graph обладает всеми необходимыми методами для работы с графом, а именно: методы добавления и удаления вершин и рёбер, методы редактирования атрибутов вершин и ребер, метод проверки графов на изоморфизм, метод объединения двух и более графов, метод получения степени одной или нескольких вершин в графе.

Метод поиска соседей для вершины, метод получения подграфа на основе перечня вершин и методы отображения сводной информации о графе реализованы в классах направленного (DirectedGraph) и ненаправленного (UndirectedGraph) графов. Они же используются для создания графов и наследуют все функциональные возможности базового класса Graph. Классы DirectedGraph и UndirectedGraph поддерживают работу с мультиграфом.

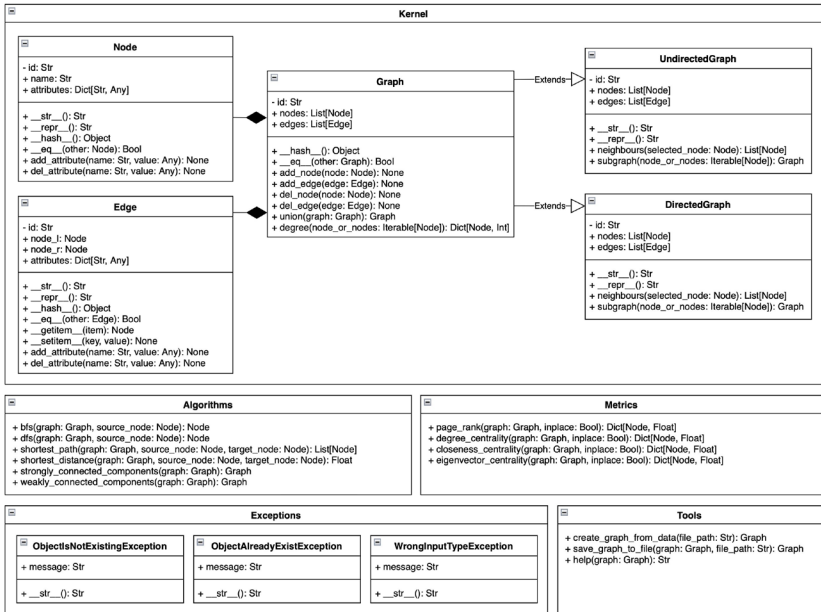


Рис. 1. Диаграмма классов

Предусмотрен расширяемый модуль с классами исключений: исключение при попытке создать существующий объект (ObjectAlreadyExistException), исключение при обращении к несуществующему объекту (ObjectIsNotExistException), исключение при попытке ввести данные не соответствующего формата (WrongInputTypeException). Все классы исключений наследуются от базового класса Exception и предоставляют развернутое информационное сообщение пользователю при попытке осуществления некорректного действия.

Реализован модуль Tools, предоставляющий дополнительные возможности для работы с графом, в текущей реализации это функции импорта данных из файлов и экспорта данных в файл. Импортировать и экспортировать можно данные, представленные в табличном виде, необходимые для сохранения структуры графа, а также значения метрик. В модуле Tools также представлен класс Template для создания шаблонов обработки данных, позволяющий сохранить наиболее распространённые сценарии работы с данными в последовательность операций и в дальнейшем иметь возможность повторно использовать их. В модуле Tools реализована вспомогательная функция для получения расширенной информации об анализируемом графе.

Разработан модуль интерактивной визуализации, предоставляющий необходимую функциональность для отрисовки графа в среде разработки (Jupyter Notebook) или, если невозможно открыть данную среду разработки, в окне браузера. Модуль разработан с использованием языка программирования JavaScript, языка разметки HTML и каскадных таблиц стиля CSS. Использовался функциональный стиль проектирования для обеспечения простой структуры проекта. Возможна визуализация до 5000 вершин. Пример визуализации представлен на рисунке 2.

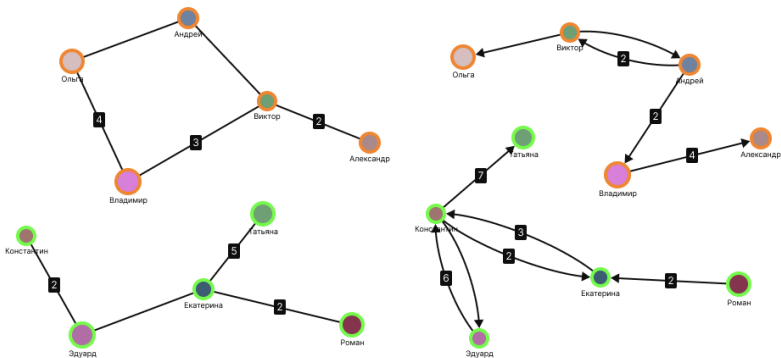


Рис. 2. Пример динамической визуализации графа

3. Алгоритмы и метрики

В модуле Algorithms хранятся алгоритмы, а в модуле Metrics находятся метрики. Всего на момент написания статьи реализовано 5 алгоритмов и 4 метрики.

Базовыми алгоритмами поиска являются алгоритмы поиска в ширину (breadth-first search) [11, 12] и поиска в глубину (depth-first search) [11, 12]. Для реализации алгоритма поиска в ширину использовалась структура данных очередь (FIFO), а для реализации алгоритма поиска в глубину стек (LIFO).

Также используется алгоритм поиска кратчайшего пути Дейкстры [11]. На основе данного алгоритма работают две функции, одна из которых shortest path осуществляет поиск кратчайшего пути между двумя вершинами и возвращает массив с перечислением вершин, через которые проходит кратчайший путь. Функция shortest distance осуществляет поиск кратчайшего расстояния между двумя вершинами и возвращает число.

Слабо связный граф – это граф, в котором при замене направленных ребер ненаправленными будет существовать путь между любой парой вершин. Сильно связный граф – граф, в котором существует ориентированный (направленный) путь между любой парой вершин. То есть из любой вершины можно попасть в любую другую. Для разделения графа на связные компоненты реализовано две функции: search weakly connected components и search strongly connected components. Поиск сильно связных компонентов реализован с помощью алгоритма Косарайю [11, 13] и использует направленный граф с развернутыми связями между вершинами и алгоритм поиска в глубину, который вызывается из каждой вершины графа от самой высокой до самой низкой позиции. Поиск слабо связных компонентов реализован с помощью применения алгоритма поиска в ширину для каждой из неразведанных вершин в графе [11]. Несмотря на то, что алгоритм разработан для использования в ненаправленном графе, его можно применить в направленном, осуществив трансформацию графа из одного типа в другой перед выполнением алгоритма. Благодаря используемой структуре классов, такая трансформация для поиска кластеров в направленном графе возможна.

В отличие от алгоритмов, все метрики возвращают словарь, ключами которого выступают вершины в графе, а значениями результат расчёта метрики. При вызове каждой метрики предусмотрен аргумент inplace, установив значение которого равным True, данные запишутся в соответствующее имя аргумента для каждой вершины и функция ничего не вернёт.

Для осуществления поиска вершин с наибольшим количеством направленных в нее ребер реализована метрика PageRank [14]. Работа проходит в два этапа: сначала для всех вершин происходит расчет

предварительного значения метрики, после чего, основываясь на данном значении происходит более точный расчет.

Также реализовано три метрики центральности [11, 12, 13]. Значение метрики центральности по степени (degree centrality) для выбранной вершины тем больше, чем больше количество взаимодействующих с ней вершин. Значение метрики центральности по близости (closeness centrality) для выбранной вершины тем больше, чем меньше путь от неё до всех других вершин в графе. Значение метрики центральности по собственному вектору (eigenvector centrality) для выбранной вершины тем больше, чем больше количество взаимодействующих с ней вершин с учетом собственных взаимодействий.

Заключение

Функциональность разработанного программного продукта полностью удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям и позволяет использовать неограниченное количество объектов для анализа, визуализировать данные, по требованию осуществлять доработку и расширять функциональность, а также осуществлять коммерческое использование. Разработанное программное обеспечение нашло применение в задаче поиска кластеров в графе связей слов и в дальнейшем планируется к использованию для решения различных задач графового анализа в корпоративных продуктах.

Список литературы

1. Воронина И. Е. Выбор варианта из множества решений при нечетком сравнении строк / И. Е. Воронина, Н. А. Эжерт // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2023. – №. 2. – С. 181-191.
2. Word2Vec Model Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://radimrehurek.com/gensim/auto_examples/tutorials/run_word2vec.html (дата обращения: 11.01.2024).
3. NetworkX – Network Analysis in Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://radimrehurek.com/gensim/auto_examples/tutorials/run_word2vec.html (дата обращения: 17.09.2023).
4. Gephi – The Open Graph Viz Platform. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/gephi/gephi/tree/master> (дата обращения: 17.01.2024).

5. PyVis – Python package for creating and visualizing interactive network graphs. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/WestHealth/pyvis> (дата обращения: 17.01.2024).
6. CXXGraph – Header-Only C++ Library for Graph Representation and Algorithms. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/ZigRazor/CXXGraph> (дата обращения: 17.01.2024).
7. Cytoscape.js – Graph theory (network) library for visualisation and analysis. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/cytoscape/cytoscape.js> (дата обращения: 17.01.2024).
8. D3.JS – Bring data to life with SVG, Canvas and HTML. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/d3/d3> (дата обращения: 18.01.2024).
9. Bigraph – Bipartite-network link prediction in Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/bigraph/Bigraph> (дата обращения: 18.01.2024).
10. Memgraph – Open-source graph database, built for real-time streaming data. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/memgraph/memgraph> (дата обращения: 18.01.2024).
11. Рафгарден Т. Совершенный алгоритм. Графовые алгоритмы и структуры данных. / Т. Рафгарден ; СПб : Питер, 2019. – 256 с.
12. Томас Х. Кормен. Алгоритмы: построение и анализ – 2-е изд. / Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн ; М.: «Вильямс», 2007. – 459 с.
13. Роберт Седжвик. Алгоритмы на графах. Graph algorithms. – 3-е изд. / С. Роберт ; Россия, Санкт-Петербург: «ДиаСофтЮП», 2002. – 496 с.
14. Брин С. Анатомия системы крупномасштабного гипертекстового интернет-поиска / перевод С. Неиленко и Р. Мурашов. / С. Брин, Л. Пейдж.; Кафедра информационных технологий Стенфордского университета, Стенфорд, СА 94305, США, 1998.

Секция 7
Суперкомпьютерные
вычисления и BigData.
Квантовые
информационные
системы

Осцилляции запутанности в двухкубитовых системах

А. В. Боева, email: anastasiavaleri555@gmail.com

А. Ф. Клиньских, email: 2000afk@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. В данной работе рассматриваются осцилляции квантовых характеристик в двухкубитовых системах, в том числе осцилляции запутанности. Запутанность в контексте квантовой механики описывает корреляции между двумя или более кубитами. Для изучения таких осцилляций приведены квантовые схемы, позволяющие генерировать осцилляции и посредством изменения фазы изменять амплитуды вероятностей обнаружения кубита в одном из состояний $|0\rangle$ и $|1\rangle$. С помощью формулы, определяющей степень запутанности отдельного кубита в системе, проанализированы результаты, полученные в результате моделирования собственных векторов унитарного оператора и прохождения схем.

Ключевые слова: осцилляции квантовой запутанности, осцилляции Раби, двухкубитовые системы, квантовые схемы, квантовая запутанность.

Введение

Квантовая запутанность является важнейшим и интересным феноменом в квантовой теории, её исследование имеет огромное практическое значение в квантовой криптографии, при создании квантовых логических устройств и анализе поведения квантовых систем [1]. Квантовая запутанность описывает корреляции квантовых характеристик систем. Две системы являются запутанными, когда изменения, происходящие в одной из них, мгновенно сказываются на другой. Квантовую систему можно численно охарактеризовать матрицей плотности или вектором состояния, в случае, когда система находится в чистом состоянии [2, 3]. Достаточно распространённым примером запутанных состояний являются состояния Белла [4]:

$$\begin{aligned} |\Psi^+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle); & |\Phi^+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle); \\ |\Psi^-\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle); & |\Phi^-\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle). \end{aligned} \quad (1)$$

Отдельные кубиты в системе могут иметь различную степень запутанности, известны различные меры запутанности для двухкубитовых систем, например, энтропия фон Неймана [2-4], определим запутанность по формуле [5]:

$$\tau(i)=4\det(\rho_i), \quad (2)$$

где ρ_i - матрица плотности i -го кубита, вычисленная путём взятия частичного следа по остальным кубитам.

Для системы из двух кубитов A и B формула принимает простой вид:

$$\tau=4\det(\rho_B). \quad (3)$$

В квантовой физике широко известны осцилляции Раби [6,7], они представляют собой переходы в двухуровневой системе, вызванные периодическим воздействием внешнего возбуждающего поля с частотой, близкой к резонансной частоте, называемой частота Раби:

$$\Omega = \frac{E\mu}{\hbar}, \quad (4)$$

где μ - дипольный момент; E - напряжённость внешнего поля, действующего на систему; \hbar - редуцированная постоянная Планка.

Этот эффект (эффект Раби) был впервые обнаружен и проанализирован для спиновых состояний.

Выражение для вероятности перехода имеет вид:

$$P(t) = \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2}, \quad (5)$$

где t - время воздействия поля.

Интерес представляют осцилляции квантовой запутанности и взаимодействия между двумя квантовыми состояниями, приводящие к периодическому изменению вероятности нахождения подсистемы в одном из состояний вычислительного базиса. В данной работе будут рассмотрены осцилляции квантовых характеристик систем из двух кубитов и реализовано управление запутанностью путём изменения фазы ϕ унитарного оператора U на примере двух квантовых схем.

Анализ квантовых схем

Рассмотрим квантовую схему, представленную на рис. 1. Младший кубит приготвим в состоянии $|0\rangle$, старший – в произвольном состоянии $|\xi\rangle$.

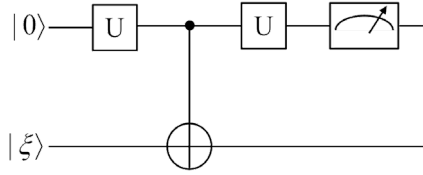


Рис. 1. Квантовая схема I

Возьмём унитарный оператор в виде [8]:

$$U = \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix}, \quad \phi \in [0, 2\pi). \quad (6)$$

После прохождения унитарного гейта на схеме младший кубит перейдёт в состояние:

$$|0\rangle \xrightarrow{U} \cos \phi |0\rangle + \sin \phi |1\rangle. \quad (7)$$

Тензорно перемножив кубиты, найдём состояние, в которое перейдёт система:

$$|\xi\rangle \otimes (\cos \phi |0\rangle + \sin \phi |1\rangle) = \cos \phi |\xi 0\rangle + \sin \phi |\xi 1\rangle. \quad (8)$$

После прохождения унитарного логического гейта *CNOT* состояние системы изменится:

$$\cos \phi |\xi 0\rangle + \sin \phi |\xi 1\rangle \xrightarrow{CNOT} \cos \phi |\xi 0\rangle + \sin \phi |(\xi \oplus 1)1\rangle. \quad (9)$$

Элемент *CNOT* обеспечивает запутывание кубитов, при $\phi \neq 0$,

$\phi \neq \frac{\pi}{2}$ и $\phi \neq \frac{3\pi}{2}$ система имеет ненулевую запутанность.

После прохождения последнего элемента в схеме U , получим вектор состояния:

$$|\Psi\rangle = \cos^2 \phi |\xi 0\rangle + \cos \phi \sin \phi |\xi 1\rangle - \sin^2 \phi |(\xi \oplus 1)0\rangle + \sin \phi \cos \phi |(\xi \oplus 1)1\rangle. \quad (10)$$

Матрицу плотности системы можно определить по формуле [2]:

$$\rho = |\Psi\rangle_{ABAB} \langle \Psi|. \quad (11)$$

Находя матрицу плотности для полученного выходного вектора состояния и вычисляя частичный след по старшему кубиту A , получим матрицу плотности младшего кубита B :

$$\rho_B = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 3 + \cos 4\phi & \sin 4\phi \\ \sin 4\phi & 1 - \cos 4\phi \end{pmatrix}. \quad (12)$$

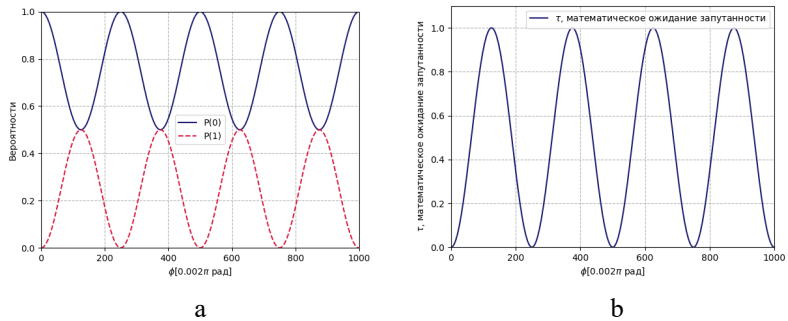
Запутанность в системе найдём по формуле (3):

$$\tau = \sin^2 2\phi = 2 - 2P(0), \quad (13)$$

где $P(0)$ - вероятность обнаружить младший кубит в состоянии $|0\rangle$.

Таким образом, изменяя фазу унитарного оператора, можно воздействовать на запутанность системы.

Осцилляции подтверждаются экспериментальными данными. В среде программирования Python была реализована квантовая схема I. На вход подавалось состояние $|\xi_0\rangle$, после прохождения схемы находился частичный след по старшему кубиту и проводились измерения на младшем, на основе полученных результатов строились графики вероятностей (рис. 2а). Фаза ϕ изменялась от 0 до 2π с шагом 0.002π рад.



а – зависимость вероятностей обнаружить кубит в одном из состояний от фазы ϕ , б – зависимость запутанности от фазы ϕ

Рис. 2. Осцилляции квантовых характеристик системы

Запутанность линейно зависит от вероятности обнаружить младший кубит в состоянии $|0\rangle$ (рис. 3).

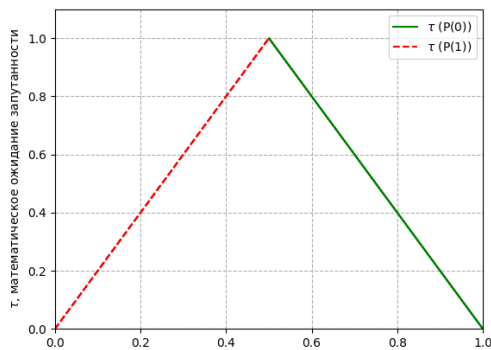


Рис. 3. Зависимость запутанности от вероятностей

На рис. 4 представлена простейшая квантовая схема, дающая осцилляции амплитуд вероятностей. Подадим на вход схемы двухкубитовый вектор состояния $|\xi 0\rangle$.

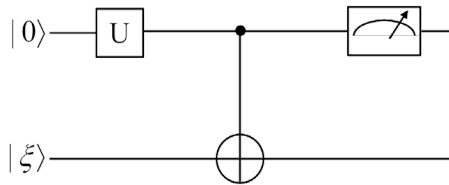


Рис. 4. Квантовая схема II

Запишем двухкубитовый вектор состояния на выходе схемы:

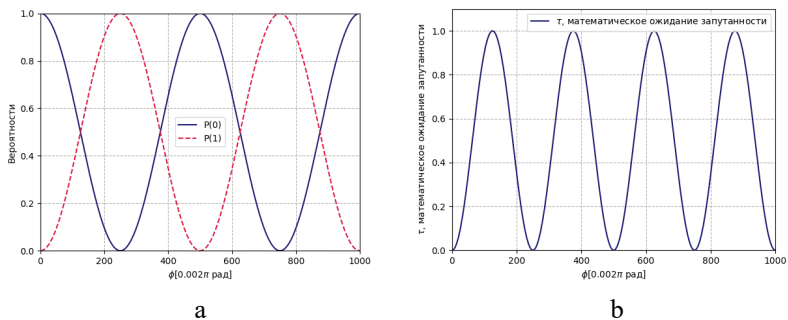
$$|\Psi\rangle = \cos\phi |\xi 0\rangle + \sin\phi |(\xi \oplus 1)1\rangle. \quad (14)$$

Находя матрицу плотности системы по формуле (11) и вычисляя частичный след по старшему кубиту, получим матрицу плотности младшего кубита:

$$\rho_B = \text{tr}_A(\rho) = \begin{pmatrix} \cos^2\phi & 0 \\ 0 & \sin^2\phi \end{pmatrix}. \quad (15)$$

Определим запутанность в системе:

$$\tau = \sin^2 2\phi. \quad (16)$$



a – зависимость вероятностей обнаружить кубит в одном из состояний от фазы ϕ , *б* – зависимость запутанности от фазы ϕ

Рис. 5. Осцилляции квантовых характеристик системы

График зависимости запутанности в системе от вероятности обнаружить кубит в одном из состояний вычислительного базиса

представляет собой параболу, для обоих состояний $|0\rangle$ и $|1\rangle$ графики совпадают:

$$\tau = 4[1 - P(0)]P(0) = 4P(1)[1 - P(1)], \quad (17)$$

где $P(0)$ - вероятность найти младший кубит в состоянии $|0\rangle$;

$P(1)$ - вероятность найти младший кубит в состоянии $|1\rangle$.

Заключение

В данной работе представлены квантовые схемы, позволяющие управлять квантовыми характеристиками систем, изменяя фазу унитарного гейта U . Результаты экспериментов направлены на изучение динамики запутанности кубитов. Особое внимание уделено осцилляциям запутанности, которые проявляются через изменение степени корреляций кубитов. Полученные результаты могут быть использованы в квантовой криптографии и разработках квантовых логических устройств.

Список литературы

1. Валиев, К. А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления / К. А. Валиев // Успехи физических наук. — 2005. — Т. 175, № 31. — С. 3–39.
2. Нильсен, М. Квантовые вычисления и квантовая информация / М. Нильсен, И. Чанг. — М.: МИР, 2006. — 824 с.
3. Запрягаев, С. А. Квантовые информационные системы. Теория и практика применения / С. А. Запрягаев. — СПб.: БХВ-Петербург, 2023. — 320 с.
4. Львовский, А. Отличная квантовая механика: Учеб. пособие / Александр Львовский; Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2019. — 422 с.
5. Боева, А. В. Запутанность в чистых многокубитовых системах / А. В. Боева, А. Ф. Клиных // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. — 2023. — № 4. — С. 11-19.
6. Скалли, М. О. Квантовая оптика / М. О. Скалли, М. С. Зубайри; Пер. с англ. А. А. Калачева [и др.]; Под ред. В. В. Самарцева. — Москва: Физматлит, 2003. — 510 с.
7. Аллен, Л. Оптический резонанс и двухуровневые атомы / Л. Аллен, Дж. Эберли — М.: МИР, 1978. — 222 с.
8. Гантмахер, Ф. Р. Теория матриц. — 5-е изд., — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 560 с.

Параллелизм средствами стандартной библиотеки Java

Д. А. Михалев, email: mikhalev.dmitrii.2000@mail.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассмотрены способы распараллеливания вычислений на многоядерном процессоре при помощи стандартной библиотеки Java.*

***Ключевые слова:** Java, многопоточность, параллелизм, потоки, пул потоков.*

Введение

Многопоточность — это концепция программирования, которая позволяет одному процессу одновременно выполнять несколько потоков для максимального использования ресурсов процессора. Потоки — это легкие подпроцессы внутри процесса, которые используют одно и то же пространство памяти, но могут выполняться независимо. Каждый поток представляет собой отдельный поток управления, что позволяет одновременно выполнять несколько задач в рамках одной программы.

Многопоточность обеспечивает одновременное выполнение задач – параллелизм, что упрощает одновременное управление несколькими задачами и повышает производительность вычислений на многоядерном процессоре.

1. Многопоточность в Java

За создание потоков в Java отвечает класс «Thread» из пакета java.lang. Thread – это программный интерфейс для потоков операционной системы, которыми управляет виртуальная машина Java.

Для запуска потока требуется вызвать метод «start», который вызывает метод start0, объявленный как собственный метод. Маркер «native» сообщает JVM, что это собственный метод, специфичный для конкретной платформы (написанный на C/C++), который необходимо вызывать через собственный интерфейс Java. JNI — это спецификация интерфейса собственных методов для Java, в которой подробно описывается, как собственный код может интегрироваться с JVM и наоборот [5].

В листинге 1 показан способ решения двух различных задач в разных потоках при помощи создания двух отдельных потоков thread1 и thread2.

```

public static void main(String[] args) {
    Runnable task1 = Main::resolveTask1;
    Thread thread1 = new Thread(task1);

    Runnable task2 = Main::resolveTask2;
    Thread thread2 = new Thread(task2);

    thread1.start();
    thread2.start();
}

```

2. Параллелизм в Java

Java предоставляет набор утилит параллелизма, которые упрощают работу с многопоточностью. Основными компонентами параллелизма в стандартной библиотеке Java являются Executor Framework.

ExecutorService — базовый интерфейс для классов, который реализует запуск Runnable задач и позволяет асинхронно выполнять задачи в многопоточной среде [1].

ThreadPoolExecutor — это реализация ExecutorService, которая позволяет использовать пул потоков [3].

Пул потоков — это механизм управления и повторного использования фиксированного количества потоков для выполнения задач.

На рис. 1 представлена схема Thread Pool Executor. Данный Executor получает список задач и формирует блокирующую очередь. После инициации выполнения потоки берут по задаче и приступают к работе. После завершения выполнения текущего задания, поток берет новое из очереди, и так до тех пор, пока задачи не закончатся, или выполнение не будет принудительно прервано.



Рис. 1. Схема Thread Pool Executor

3. Решение задачи при помощи ExecutorService

Задача заключается в расчете контрольных сумм для всех файлов, содержащихся в приложении. Контрольная сумма – результат применения криптографической хеш-функции к определенному набору данных, обычно используется для проверки контроля целостности.

Приложение содержит 1400 файлов общим объемом 700 мегабайтов, используемый алгоритм хеширования – SHA-256.

Решим задачу двумя способами: в однопоточном режиме и с использованием распараллеливания задачи на вычислительные ядра процессора, а затем сравним результаты.

Разберем основной метод выполнения задачи, представленный в листинге 2.

Листинг 2

Метод подсчета хеш-сумм

```
public List<byte[]> getChecksums(String rootPath) throws
Exception {
    Set<String> paths = getFilePaths(rootPath);

    List<Callable<byte[]>> tasks = new ArrayList<>();
    paths.forEach(path -> tasks.add(() ->
getFileChecksum(path)));

    List<Future<byte[]>> futures = executor.invokeAll(tasks);

    List<byte[]> result = new ArrayList<>();
    for (Future<byte[]> future : futures) {
        result.add(future.get());
    }

    return result;
}
```

Метод `getChecksums` имеет два входных параметра: `executor` – интерфейс для выполнения задач, `paths` – набор путей файлов приложения, который был получен ранее.

В методе сначала создается пустой список задач для выполнения. Далее выполняется создание и добавление задач по подсчету хеш-сумм в список. После этого запускается выполнение задач при помощи `executor`, результатом является набор объектов `Future`. Класс `Future` представляет собой результат асинхронных вычислений. Этот результат в конечном итоге появится в будущем после завершения обработки [4]. В конце метода представлено создание и заполнение списка рассчитанных и полученных из объектов `Future` хеш-сумм файлов.

В листинге 3 представлено создание `ExecutorService` с одним потоком выполнения для решения задачи без использования распараллеливания.

Листинг 3

Создание объекта `ExecutorService` с 1 потоком

```
ExecutorService executor =  
Executors.newSingleThreadExecutor();
```

В листинге 4 показано создание `ThreadPoolExecutor` с пулом из восьми потоков. Данное количество потоков в пуле потоков равно количеству ядер процессора, на котором выполнялась программа.

Листинг 4

Создание объекта `ThreadPoolExecutor` с 8 потоками

```
ThreadPoolExecutor executor = Executors.newFixedThreadPool(8);
```

Посмотрим на результаты замера времени и загруженности процессора при выполнении задачи.

При выполнении в однопоточном режиме среднее время выполнения составило 21 секунду. Загрузка процессора составила 13%.

Выполнение задачи в пуле из 8 потоков в среднем завершилось за 3,5 секунды, а загруженность процессора достигала 85%.

Расчитанное по формуле 1 ускорение является шестикратным.

$$Sp(n) = T1(n) / Tp(n). \quad (1)$$

Расчитаем эффективность по формуле 2.

$$Ep(n) = Sp(n) / p. \quad (2)$$

С учетом того, что вычисления велись на процессоре с 8 ядрами, эффективность составила 0,75 или 75%.

4. Решение задачи при помощи `Stream API`

Начиная с 8 версии Java предоставляет `Stream API`, который позволяет преобразовать набор данных в поток и обработать его в функциональном стиле.

Одной из особенностей `Java Stream API` является возможность распараллеливать операции с данными. Параллельные потоки разбивают данные на несколько фрагментов, каждый из которых обрабатывается отдельным потоком. `Parallel Stream` использует платформу `Fork/Join Framework` [2], представленную в Java 7. Количество создаваемых потоков при параллельной обработке по умолчанию равно количеству вычислительных ядер процессора.

Решим предыдущую задачу при помощи `Java Stream API`.

В листинге 5 представлен способ решения задачи в однопоточном режиме при помощи Stream API.

Листинг 5

Использование Stream

```
private List<byte[]> getChecksums(String rootPath) {
    Set<String> paths = getFilePaths(rootPath);
    return paths
        .stream()
        .map(this::getFileChecksum)
        .toList();
}
```

Среднее время вычислений совпало со средним временем вычисления при помощи ExecutorService в однопоточном режиме и равно 21 секунде.

В листинге 6 представлено использование Parallel Stream для решения задачи, вызов которого осуществляется командой «parallelStream()».

Листинг 6

Использование Parallel Stream

```
private List<byte[]> getChecksums(String rootPath) {
    Set<String> paths = getFilePaths(rootPath);
    return paths
        .parallelStream()
        .map(this::getFileChecksum)
        .toList();
}
```

Так как вычисления проводились на процессоре с 8 ядрами, Parallel Stream выполнил задачу в 8 потоках. Среднее время выполнения так же совпало со временем выполнения при помощи ExecutorService с пулом из 8 потоков и составило 3,5 секунды.

Как и в первом случае, ускорение оказалось шестикратным, а эффективность составила 75%.

Заключение

В рамках работы было рассмотрено несколько вариантов распараллеливания вычислений на многоядерном процессоре с использованием стандартной библиотеки Java. При применении многопоточности через ExecutorService и Java Streams время выполнения рассматриваемой задачи уменьшилось в 6 раз, а эффективность параллельных вычислений составила 75%.

Список литературы

1. Клеппман, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / М. Клеппман. – СПб.: Питер, 2018. – 640 с.
2. Raoul-Gabriel Urma, Mario Fusco, and Alan Mycroft: Java 8 in Action: Lambdas, streams, and functional-style programming – Издательство «Manning Publications», 2014. – 424 с.
3. Overview of the java.util.concurrent [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.baeldung.com/java-util-concurrent>
4. Guide to java.util.concurrent.Future [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.baeldung.com/java-future>
5. Документация «Class Thread» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Thread.html>

Использование технологии Worker для решения проблемы блокировки главного потока при выполнении кода на JavaScript

А. К. Смирнов, email: alexsmir3003@gmail.com
Н. К. Самойлов, email: nk.samoylov80@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. Рассмотрен механизм работы Worker и Web Worker. Описана проблема блокировки главного потока выполнения кода в браузере и в среде выполнения платформы NodeJS.

Ключевые слова: Поток, Worker, NodeJS, V8, цикл событий, семафор, libuv, Isolate, пользовательский опыт, браузер.

Введение

Параллельное программирование играет ключевую роль в разработке современных вычислительных систем, позволяя эффективно использовать многоядерные процессоры и распределенные вычислительные ресурсы. Это мощный инструмент, позволяющий решать тяжелые вычислительные задачи.

Долгое время код на JavaScript мог быть выполнен только в одном – главном потоке, ограничиваясь внутренним циклом событий. Это приводит к тому, что серверное приложение, написанное на JavaScript с использованием платформы NodeJS, имеет хорошие показатели производительности при обработке множества параллельных запросов благодаря грамотному распределению задач внутри одного потока [1], но не способно задействовать все имеющиеся ресурсы процессора для использования сложных алгоритмических задач.

Использование модуля worker_threads в NodeJS и, работающих внутри браузера, Web Workers позволяют выполнять JavaScript код во множестве потоков, что дает возможность снизить нагрузку на основной поток и распараллеливать тяжелые задачи.

1. Устройство среды выполнения JavaScript кода

Код платформы NodeJS разделяется на высокоуровневые классы и модули, написанные на JavaScript, а также на C++ аддоны, содержащие основную логику работы платформы. Главными компонентами, необходимыми для работы платформы, являются библиотеки libuv и V8.

V8 – жизненно важный компонент, отвечающий за компиляцию и исполнение кода. При запуске платформы создается один Isolate – изолированный экземпляр V8, предоставляющий экземпляр сборщика мусора и возможность работы с глобальной памятью [2].

Не менее важным компонентом, необходимым для исполнения JavaScript кода, является цикл событий, обеспечивающий асинхронное выполнение кода. V8 и его альтернативы не предоставляют внутри себя данный инструмент. В случае, если средой выполнения является браузер, именно он выделяет ресурсы для обеспечения событийного цикла, а для платформы NodeJS таким источником является библиотека libuv.

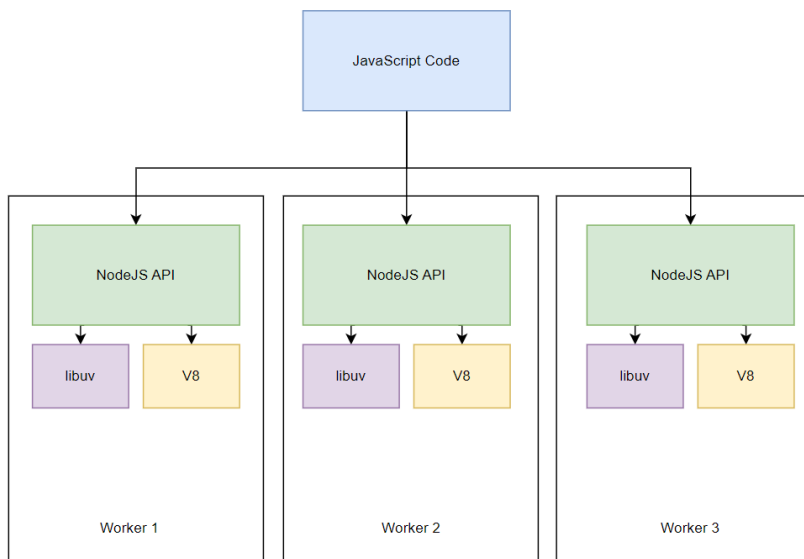


Рис. 1. Высокоуровневое устройство NodeJS

При таком механизме работы написанный JavaScript код выполняется в единственном потоке, управляемый одним экземпляром NodeJS. В свою очередь, экземпляр NodeJS использует одиночные экземпляры цикла событий libuv и V8.

2. Создание Worker

Для обеспечения возможности выполнения кода в другом потоке действующий экземпляр NodeJS создает новый экземпляр, обеспечивая его всеми необходимыми элементами.

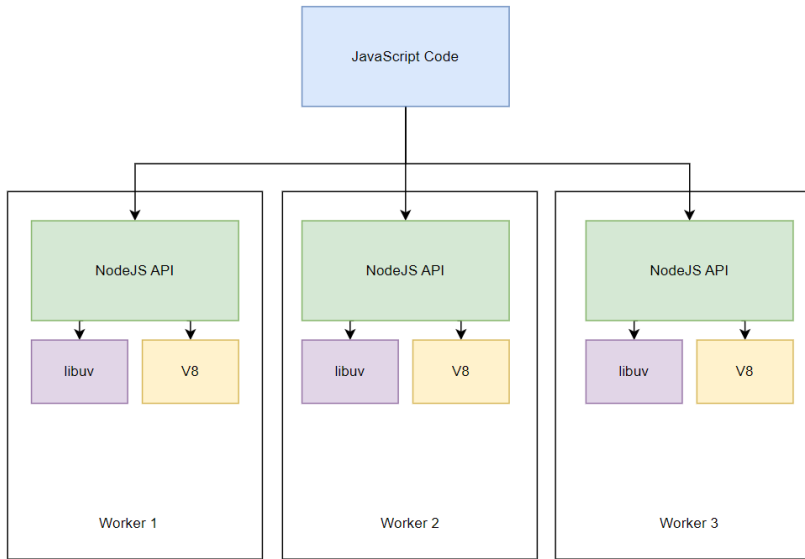


Рис. 2. Схема параллельного выполнения кода с помощью Worker

Данные, переданные в созданный поток выполнения, подвергаются сериализации и копируются. Данное утверждение касается всех типов данных, за исключением типа `SharedArrayBuffer`, предназначенного для передачи данных между потоками. Для инициализации Worker требуется передать путь до источника, содержащего исполняемый код (листинг 1).

Листинг 1

Инициализация Worker

```
const worker = new Worker("./worker.js");
```

Исполнение кода в новом потоке может быть отложено в случае, если задание на создание Worker ожидает окончания выполнения другого задания, блокирующего основной поток (листинг 2) [3].

Листинг 2

Случай задержки выполнения скрипта Worker

```
const { Worker } = require("node:worker_threads");
const worker = new Worker("./worker.js");
for (let n = 0; n < 1e10; n++) {}
```

3. Совместное использование данных внутри Worker

Передача данных внутрь создаваемого Worker доступна с помощью статического метода `setEnvironmentData` или с помощью непосредственной передачи в свойство `workerData` при инициализации (листинг 3). В этом случае в новом потоке будет происходить работа с копиями передаваемых данных.

Листинг 3

Передача данных в Worker

```
const {
  Worker,
  setEnvironmentData
} = require("node:worker_threads");

setEnvironmentData(
  "ENVIRONMENT_DATA",
  [1, "2", true, undefined, null]
);
const worker = new Worker("./worker.js", {
  workerData: [1, 2, 3]
});
```

Доступ к переданным данным, в свою очередь, осуществляется через статический метод `getEnvironmentData` и объект `workerData` соответственно.

Наследование класса `Worker` от класса `EventEmitter` позволяет использовать метод `.on(event, listener)` для подписки на отправляемые сообщения из кода, выполняемые в создаваемом потоке. Отправка таких сообщений осуществляется с помощью объекта `parentPort`, импортируемого из модуля `worker_threads`, а именно с помощью его метода `postMessage(data)`.

Для совместного использования данных, не нуждающихся в копировании, используется тип `SharedArrayBuffer`, а для обеспечения безопасного доступа к его содержимому – класс `Atomics`. `Atomics` предоставляет набор статических методов, которые позволяют безопасно читать, записывать данные в `SharedArrayBuffer`, выполнять побитовые операции. Благодаря этим инструментам в NodeJS становится возможна реализация считающего семафора (листинг 4).

Реализация считающего семафора

```

class CountingSemaphore {
  constructor(shared, offset = 0, initial) {
    this.counter = new Int32Array(shared, offset, 1);
    if (typeof initial === "number") {
      Atomics.store(this.counter, 0, initial);
    }
  }

  enter() {
    while (true) {
      Atomics.wait(this.counter, 0, 0);
      const n = Atomics.load(this.counter, 0);
      if (n > 0) {
        const prev = Atomics.compareExchange(
          this.counter,
          0,
          n,
          n - 1
        );
        if (prev === n) {
          return;
        }
      }
    }
  }

  leave() {
    Atomics.add(this.counter, 0, 1);
    Atomics.notify(this.counter, 0, 1);
  }
}

```

4. Использование Worker для решения проблемы блокировки главного потока

В одном ряду с проблемой необходимости в использовании сложных вычислительных задач стоит проблема блокировки основного потока операциями над большими объемами данных. Распространенной проблемой на стороне клиента является загрузка больших файлов, обработка данных которых выполняется в одном потоке с рендерингом страницы [4]. Без использования дополнительных инструментов, одними из которых являются Web Workers, имеет место быть отрицательный пользовательский опыт. В приведенном ниже примере (листинг 5) демонстрируется то, каким образом можно использовать обработку большого файла вне основного потока выполнения. В случае использования Web Worker новый поток будет выделен средствами браузера [5].

Обработка загружаемого файла с помощью Worker

```

// Main thread
const form = document.getElementById("file-form ");
const upload = document.getElementById("main-upload");

form?.addEventListener("submit", async () => {
  const file = upload.files[0];
  const worker = new Worker("worker.js");
  worker.onmessage = handleWorkerMessage;
  worker.postMessage(file);
});

const handleWorkerMessage = (evt) => {
  const {type, result, error} = evt.data;
  switch (type) {
    case "result": {
      console.log(`file was handled. Result is: ${result}`);
      break;
    }
    case "error": {
      console.error("Error during file handling: ", error);
      break;
    }
  }
}

// worker.js

onmessage = async (evt) => {
  const file = evt.data;
  try {
    const result = await handleFile(file);
    postMessage({ type: "result", result });
  } catch (err) {
    postMessage({ type: "error", error: `${err}` });
  }
};

```

Заключение

В рамках данной работы был рассмотрен механизм работы Worker и Web Worker для решения задач, связанных с обработкой большого объема данных как на серверной, так и на клиентских сторонах приложений, написанных на JavaScript. Был рассмотрен механизм взаимодействия между создаваемыми потоками.

В качестве дальнейшего направления работы планируется использовать приведенную схему загрузки больших файлов на клиентской стороне в качестве прикладного инструмента при создании

системы преобразования не редактируемых файлов различных расширений в редактируемые документы.

Список литературы

1. Concurrency in modern programming languages: Rust vs Go vs Java vs Node.js vs Deno vs .NET 6 [электронный ресурс] – URL: <https://dev.to/deepu105/concurrency-in-modern-programming-languages-rust-vs-go-vs-java-vs-nodejs-vs-deno-36gg> (дата обращения: 15.01.2024) доступ свободный.

2. Maglev - V8's Fastest Optimizing JIT [электронный ресурс] – URL: <https://v8.dev/blog/maglev> (дата обращения: 15.01.2024) доступ свободный.

3. Node.js v21.6.1 documentation. Worker Threads [электронный ресурс] – URL: https://nodejs.org/api/worker_threads.html (дата обращения: 15.01.2024) доступ свободный.

4. Руководство по Node.js [электронный ресурс] – URL: <https://ruvds.com/img/other/ee86eb4f-db9f-48d3-8094-c76e14414678.pdf> (дата обращения: 15.01.2024) доступ свободный.

5. Использование Web Workers [электронный ресурс] – URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/Web_Workers_API/Using_web_workers (дата обращения: 15.01.2024) доступ свободный.

Использование сопрограмм на языке Kotlin для увеличения производительности приложения

А. С. Соловьев, email: Andrey_solovyev@list.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются Kotlin сопрограммы, как новым инструментом для управления параллельными вычислениями, а также сравниваются с другими решениями.*

***Ключевые слова:** Сопрограмма, параллельные алгоритмы, Kotlin, многопоточность, легковесные потоки.*

Введение

В быстро меняющемся мире современной разработки программного обеспечения, эффективно выполнять несколько задач одновременно имеет решающее значение для производительности любого приложения. С появлением многоядерных процессоров и распределенных систем асинхронное программирование стало важным навыком для разработчиков, стремящихся оптимизировать свой код и обеспечить минимальную задержку между клиентом и сервером. Одним из наиболее многообещающих инструментов в этой области является сопрограмма Kotlin, мощная функция, которая потенциально может изменить представление о параллелизме.

В этой статье будет рассмотрена концепция сопрограмм Kotlin, углубимся в их основополагающие принципы и рассмотрим, как их можно использовать для упрощения и рационализации асинхронного программирования. Будут разобраны преимущества использования сопрограмм по сравнению с традиционными подходами, такими как обратные вызовы и потоки, и приведены практические примеры, иллюстрирующие их использования в реальных сценариях. Кроме того, рассмотрены последние разработки в экосистеме Kotlin, включая выпуск Kotlin 1.3 и его расширенную поддержку сопрограмм. Также будет приведено сравнение, какое преимущество дает использование Kotlin сопрограмм по сравнению с традиционными подходами.

1. Когда заканчивается мир Thread и начинаются Kotlin coroutine

Достаточно тривиальная задача.

Имеется приложение, в котором одна из функций, это поиск и агрегация данных из несколько источников. К примеру, производится

поиск билетов на самолет и опрос всех поставщиков. Пусть таких источников 5.

Следует заметить, что $1 \text{ thread stack} \approx 1 \text{ mb}$ и на каждый запрос, создается новый thread.

Все отлично работает, когда в системе одновременно 10, 100, 200, пользователей одновременно, а что если 1000? Производительность системы начинает резко снижаться, стоит оговориться, что на серверном железе, показатели будут выше. Использование многопоточности с помощью thread, требует создания и управления несколькими потоками выполнения, а также решение проблем синхронизации.

Основными решениями будет переход на следующие технологии: Callback, RxJava, Coroutine.

Основные плюсы и минусы будут:

- RxJava имеет довольно высокий порог входа в технологию, понимая и дальнейшего обучения. Также без дополнительных технологий, имеется сложность отладки. Стоит сказать, что в некоторых сценариях, она проигрывает другим.

- Callback в свою очередь, используется вместо thread и имеют самый большой недостаток, callback hell. Кратно снижается читаемость кода. Сложность настройки и необходимость передачи большого количества параметров, также не идет в плюс.

- Kotlin Coroutine является относительно новой технологией. Перейдем к ее обзору.

Основная функциональность, которую предоставляют Kotlin Coroutines - это возможность приостановить сопрограмму в какой-то момент и возобновить ее в будущем.

Благодаря этому есть возможность запускать код в основном потоке и приостанавливать его, когда запрашиваем данные из API. Когда сопрограмма приостановлена, поток не блокируется и может работать свободно, поэтому его можно использовать для изменения представления или обработки других сопрограмм. Как только данные готовы, сопрограмма ожидает основного потока (это редкая ситуация, но может быть очередь сопрограмм, ожидающих их); как только он получит поток, он может продолжить с того места, где он остановился.

Приостановка сопрограммы означает ее остановку на середине. Это похоже на остановку видеоигры: игрок доходит до контрольной точки, происходит сохранение на ней, игрок выключает игру и компьютер может сосредоточиться на выполнении разных задач. Затем, когда игрок захочет продолжить, игра загружается с контрольной точки сохранения и, таким образом, реализована возможность играть с того места, где была остановка ранее. Это аналогия работает и с

сопрограммами. Когда они приостанавливаются, они возвращают Continuation, который хранит информацию об остановке. Обратите внимание, что это сильно отличается от потока, который нельзя приостановить - только заблокировать. Сопрограмма намного мощнее. При приостановке она не потребляет никаких ресурсов. Сопрограмма может быть возобновлена в другом потоке и (по крайней мере, теоретически) продолжение может быть сериализовано, десериализовано и затем возобновлено.

2. Что внутри?

Как работает вызов обычной функции? Вызов функции попадает в стек и хранится там. Проблема в том, что, когда приостанавливается работа, освобождается поток, а в результате очищается стек вызовов. Значит, стек вызовов никак не поможет при возобновлении работы корутина. Каждое Continuation сохраняет свое состояние на момент приостановки. Следующее Continuation будет ссылаться на другое, которое ссылается на другое. Похоже на капусту, где хранится все, что относится к вызовам.

```
suspend fun a() {
    println("Start work fun a() ${LocalDateTime.now()}")
    b()
    println("Finish work fun a() ${LocalDateTime.now()}")
}

suspend fun b() {
    println("Start work fun b() ${LocalDateTime.now()}")
    c()
    println("Finish work fun b() ${LocalDateTime.now()}")
}

suspend fun c() {
    println("Start work fun c() ${LocalDateTime.now()}")
    delay( timeMillis: 3000L)
    println("Finish work fun c() ${LocalDateTime.now()}")
}

//Start work fun a() 2023-12-02T14:17:54.659107600
//Start work fun b() 2023-12-02T14:17:51.660107
//Start work fun c() 2023-12-02T14:17:51.660107
//Finish work fun c() 2023-12-02T14:17:54.678067900
//Finish work fun b() 2023-12-02T14:17:54.679070100
//Finish work fun a() 2023-12-02T14:17:54.679070100
```

Рис. 1. Пример 'капусты'

Функция, а вызывает функцию b, та в свою очередь вызывает функцию c, которая приостановлена. Во время возобновления c сначала возобновляет функцию c(). Потом происходит возобновление

продолжение continuation b, которое вызовет функцию b() и процесс повторится до тех пор, пока не будет достигнута вершина стека.

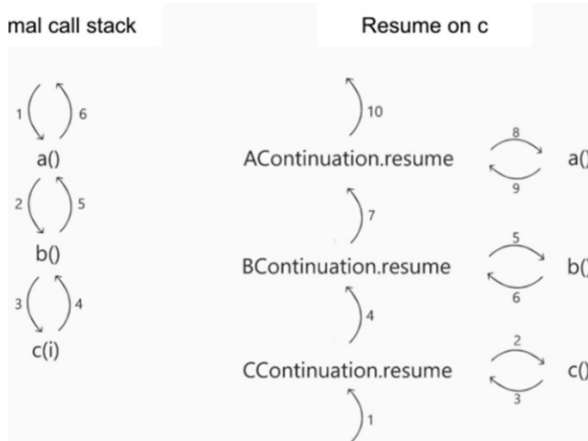


Рис. 2. Вызов функций в корутинах

Также немаловажное правило - вызвать `suspend` функцию, можно только из `suspend` функции, но при этом можно вызвать обычную функцию из `suspend`. Но чуть дальше разберем особенности. Приостанавливающие функции должны передавать Continuation-s друг другу.

3. Coroutine builder

Согласно документации[1] существует 3 основных билдера.

Launch: Очень похоже на старт Thread-a. Просто запустили и забыли. Важно отметить, что не блокирует `main Thread`, а значит, если он закончил свою работу, а сопрограмма еще нет, то приложение тоже закончит свою работу, не дав доработать сопрограмме. Внутри сложный механизм `structured concurrency` (структурированный параллелизм), который проставляет связи между `parent-child` сопрограммами. Используется, например, для фоновых задач (догрузить контент). Но что если нужно, чтобы сопрограммы закончили свою работу до того, как программа закрывается?

RunBlocking: При вызове блокируется тред, в котором был запущен этот билдер, а также при каждой приостановке сопрограммы. В реальных проектах используется, когда нужно дождаться окончания выполнения сопрограммы. Например, когда совершается ряд последовательных действий, без возвращаемого значения.

async: То же самое что и launch, но имеет возвращаемое значение Deferred<T>. Также запускается мгновенно, можно создать несколько async вызовов и дождаться завершения их работы. Полезно, например, для задачи агрегации данных из нескольких источников.

4. Coroutine scope

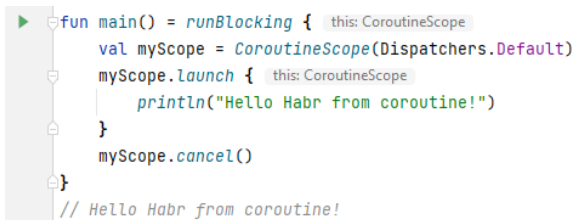
Для начала, заглянем в реализацию, например, launch:

```
public fun CoroutineScope.launch(  
    context: CoroutineContext = EmptyCoroutineContext,  
    start: CoroutineStart = CoroutineStart.DEFAULT,  
    block: suspend CoroutineScope.() -> Unit  
) : Job {  
    val newContext = newCoroutineContext(context)  
    val coroutine = if (start.isLazy)  
        LazyStandaloneCoroutine(newContext, block) else  
        StandaloneCoroutine(newContext, active = true)  
    coroutine.start(start, coroutine, block)  
    return coroutine  
}
```

Найден неизвестный CoroutineScope, он имеет важное значение в понимании сопрограмм, стоит его рассмотреть детальней.

Coroutine scope, согласно определению из [2], это интерфейс, который предоставляет способ управления жизненным циклом сопрограмм. Он определяет набор методов для запуска новых сопрограмм и для отмены существующих.

В контексте библиотеки kotlinx.coroutines область действия сопрограммы обычно создается с помощью функции coroutineScope, которая является suspend функцией, создающей новый scope для билдеров. Давайте разберем пример!



```
fun main() = runBlocking { this: CoroutineScope  
    val myScope = CoroutineScope(Dispatchers.Default)  
    myScope.launch { this: CoroutineScope  
        println("Hello Habr from coroutine!")  
    }  
    myScope.cancel()  
}  
// Hello Habr from coroutine!
```

Рис. 3. CoroutineScope пример

В этом примере создается новая область действия сопрограммы, используя конструктор `Coroutine Scope` и передавая `Dispatcher`, который определяет пул потоков, используемый для выполнения

сопрограмм. Затем запускается новая сопрограмма, используя метод `launch` и передавая лямбда-выражение, содержащее код для запуска в сопрограмме. Наконец, отменяется область действия и завершается программа.

Разберем данный пример с другой точки зрения. В нем есть родитель-ребенок контекст. `RunBlocking` – предоставляет контекст родителя, а `launch`, это ребенок. Обозначим некоторые правила:

1. Дочерние элементы наследуют контекст от своего родителя (но они также могут перезаписать его).
2. Родительский элемент приостанавливает выполнение до тех пор, пока не будут завершены все дочерние элементы.
3. Когда дочерняя программа выдает ошибку, она также уничтожает родительскую.
4. Систематизируем, для чего требуется `Coroutine scope`:
5. Упрощение и группировка сопрограмм. Позволяет группировать несколько сопрограмм вместе, что упрощает их управление и понимание.
6. Ожидания выполнения всех сопрограмм в рамках одного `scope`. Например, с помощью `runBlocking`.
7. Управление жизненным циклом. Запуск сопрограмм, а также их остановка.
8. Настройка поведения. `CoroutineScope` позволяет настроить общее поведение сопрограммы в рамках данного `scope`, например, используемый поток или контекст.

5. `Dispatcher` и `CoroutineContext`, что о чем и почему?

Диспетчер в контексте сопрограмм Kotlin отвечает за определение того, в каком потоке или нитях должна выполняться сопрограмма. Диспетчеры являются неотъемлемой частью библиотеки `kotlinx.coroutines` и используются для управления выполнением сопрограмм.

Согласно источнику[2], существует несколько встроенных диспетчеров, предоставляемых библиотекой, в том числе:

1. `Dispatchers.Default`: Этот диспетчер предназначен для выполнения операций с интенсивным использованием процессора и имеет пул потоков размером, равным количеству ядер на компьютере, на котором выполняется код (но не менее двух).
2. `Dispatchers.IO`: Этот диспетчер предназначен для выполнения операций с интенсивным вводом-выводом и имеет больший пул потоков, чем дефолтный.

3. `Dispatchers.Main` : Этот диспетчер предназначен для запуска сопрограмм в главном потоке приложения, часто используется в Android.

6. CoroutineContext

Поговорим о контексте. В сопрограммах Kotlin, `CoroutineContext[1]` - это набор элементов, представляющих контекст, в котором выполняется сопрограмма. Этот контекст включает в себя такую информацию, как индексированный набор экземпляров `Element`, таких как `Job`, `CoroutineDispatcher`, `CoroutineName` и другие элементы, которые определяют поведение сопрограммы.

Когда создается сопрограмма с помощью одного из конструкторов сопрограмм, предоставляемых библиотекой `kotlinx.coroutines`, имеется возможность указать `CoroutineContext` в качестве первого параметра. Этот контекст будет использоваться в качестве контекста по умолчанию для сопрограммы, и любые элементы в контексте будут доступны сопрограмме во время ее выполнения.

```
fun main() = runBlocking(CoroutineName("Custom 1")) {
    println("CoroutineName: ${coroutineContext[CoroutineName]?.name} -> Started")
    // CoroutineName: Custom 1 -> Started

    launch {
        delay(1000)
        println("CoroutineName: ${coroutineContext[CoroutineName]?.name} -> Running first launch")
        // CoroutineName: Custom 1 -> Running first launch
    }

    launch(CoroutineName("Custom 2")) {
        delay(1000)
        println("CoroutineName: ${coroutineContext[CoroutineName]?.name} -> Running second launch")
        // CoroutineName: Custom 2 -> Running second launch
    }

    println("CoroutineName: ${coroutineContext[CoroutineName]?.name} -> Finish")
    // CoroutineName: Custom 1 -> Finish
}
```

Рис. 4. Пример `CoroutineContext`

По умолчанию дочерняя сопрограмма наследует контекст своего родителя, что означает, что любые элементы в родительском контексте также будут доступны дочернему элементу. Однако также имеется возможность указать другой контекст для дочерней сопрограммы, если нужно.

В целом, `CoroutineContext` - это мощный инструмент, который позволяет настраивать поведение сопрограмм и контролировать, как они взаимодействуют с остальной частью кода приложения. Чтобы

использовать диспетчер, можно указать его при запуске сопрограммы с помощью конструкторов `'launch'` или `'async'`.

Вывод

Kotlin Coroutine – это новая модель программирования для асинхронного и конкурентного программирования в языке Kotlin. Она предоставляет более удобный и выразительный способ работы с асинхронными операциями, такими как сетевые запросы или операции базы данных.

Одной из главных особенностей Kotlin Coroutine является его легковесность и высокая производительность. Он позволяет создавать легковесные потоки выполнения, избегая накладных расходов на создание и управление традиционными потоками.

Корутины также обеспечивают упрощение обработки ошибок и улучшение читаемости кода. Они позволяют писать асинхронный код в естественном стиле последовательного выполнения, используя ключевые слова `suspend` и `coroutineScope`.

Кроме того, Kotlin Coroutine предоставляет широкий набор функций для управления временем выполнения, таких как отмена задач, ожидание результатов или запуск задачи на определенном потоке.

Список литературы

1. Электронный каталог Kotlin[Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа : <https://kotlinlang.org/docs/home.html>
2. Marcin Moskala / Kotlin Corutine deep dive. // Leanpub. — 2023. – № 2. – С. 469.

Генерация карты плотностей судоходства с применением параллельных вычислений

Ю. В. Шишко, email: shishko@cs.vsu.ru
Д. И. Соломатин, email: disolomatin@cs.vsu.ru

Воронежский Государственный Университет

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются методы оптимизации путем использования распараллеливания на процессах и потоках на примере процесса построения карты плотностей судоходства на языке Python. Описана методология составления карты плотностей, приведены примеры эффективного применения библиотек `connectorx` и `jit` и итоговые коэффициенты ускорения.*

***Ключевые слова:** Heatmap, Python, параллельные вычисления, connectorx, jit, ускорение вычислений, postgis.*

Введение

В современном мире генерация карт плотностей на основе координат судов является важной задачей для морских компаний и организаций, занимающихся безопасностью судоходства. Эта задача заключается в анализе данных о перемещении судов в режиме реального времени, чтобы определить потенциальные угрозы и принять меры для предотвращения возможных происшествий на море.

Тепловая карта плотностей, или heatmap, является мощным инструментом для анализа данных о перемещении судов. Она позволяет визуализировать распределение плотности движения судов на море, что может помочь в выявлении потенциальных угроз и определении зон повышенного риска. При этом важную роль для карты этого типа играет цвет.

Цвет в карте плотностей играет важную роль в визуализации данных о плотности движения судов. Чем ярче и насыщеннее цвет, тем больше плотность движения судов в данной зоне. Например, желтый и красный цвет может указывать на наиболее оживленные и опасные зоны, где происходит большое количество столкновений или других происшествий. С другой стороны, фиолетовый или синий цвет могут указывать на менее оживленные и безопасные зоны. Цвет также может помочь выделить определенные транспортные потоки или маршруты судов, что хорошо видно по ярко-голубым путям на рис. 1.

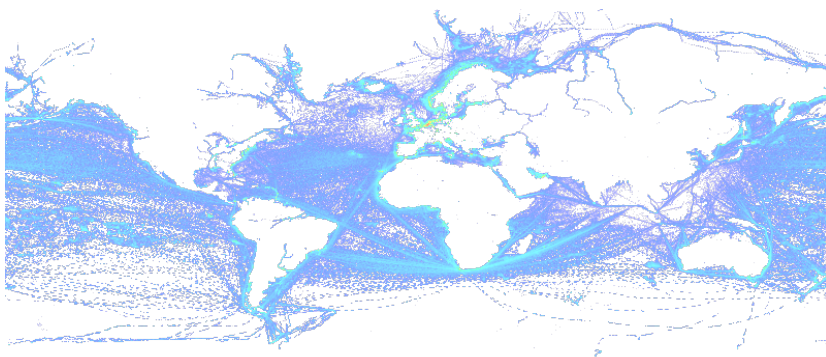


Рис. 1. Пример карты плотностей движения судов

Таким образом, карта плотностей является актуальным и полезным инструментом для анализа данных о перемещении судов на море. Она помогает выявлять потенциальные угрозы и принимать меры для повышения безопасности судоходства, оптимизации маршрутов и охраны окружающей среды.

При построении карты плотностей на большом объеме данных возникает необходимость ускорять процессы выгрузки данных из базы, составления матрицы и отрисовки итоговой карты плотностей. Детальнее о процессе составления карты плотностей и оптимизации этого процесса будет описано в этой статье.

1. Базовый процесс генерации heatmap

Генерация карты плотностей для данной задачи должна происходить в realtime, что исключает возможность предварительной полной генерации и отдачи карты через tile-сервер. Все данные о передвижении судов лежат в PostgreSQL с расширением timescale, что позволяет эффективно обрабатывать привязанные ко времени данные. Помимо этого, используется расширение postgis для эффективной работы с географическими данными.

Объем точек, для которых необходимо отрисовывать карту плотностей, превышает тридцать миллионов за месяц. Ввиду этого очевидно, что выгружать их все из базы и накладывать на карту затратно; Postgis позволяет агрегировать точки по сетке и выдавать их с необходимой гранулярностью. В рамках данной задачи будет достаточно гранулярности в 0.01 градус для отрисовки достаточно детальной карты плотностей. Для предварительной подготовки данных в базе

используется `materialized view`, что позволяет выгружать сохранённые результаты агрегации по сетке, а не считать их каждый раз. Такой метод отдачи данных позволяет сократить итоговый объем передаваемых данных приблизительно в 20 раз.

Сервер, создающий `png` изображение с картой плотности в выбранном `bbox`, в общем случае работает таким образом:

1. Получение данных с базы данных (данные уже агрегированы и имеются затраты только на передачу по сети).

2. Создается матрица размера $N \times M$, каждая ячейка которой соответствует пикселю на итоговом изображении.

3. Для каждой записи агрегированных данных вычисляется позиция строки и столбца в итоговой матрице, куда будет прибавлено текущее количество сообщений о судах в этой точке.

4. Для итоговой матрицы происходит нормализация данных.

5. Значение каждой ячейки нормализованной матрицы преобразуется в цвет соответствующего пикселя и генерируется итоговое изображение.

Ниже будут описаны способы ускорить пункты 1 и 3 из текущей последовательности выполнения задач.

2. Ускорение получения данных из базы с помощью библиотеки `connectorx`

Как уже говорилось ранее, для генерации карты необходимо обрабатывать большой объем данных. Запросы достаточно большие, к тому же, конвертация данных в итоговых формат `DataFrame` также занимает время. Библиотека `connectorx` позволяет значительно ускорить процесс обработки запроса и получения данных.

Данная библиотека написана на `Rust`, что позволяет параллелить запросы, используя потоки и обходить ограничения `SQL`. Используется принцип `Zero Copy`, что способствует кеш-хитам и хорошо влияет на предсказателя ветвлений. Архитектура библиотеки гарантирует, что данные копируются всего один раз, при этом синтаксис обращения к библиотеке представляет собой высокоуровневую абстракцию над клиентом исполнения запроса. Это позволяет легко проводить распараллеливание запросов, не меняя структуры изначального кода.

На рис. 2 представлены примеры скорости отработки с использованием библиотеки `connectorx` и 4 других популярных библиотек.

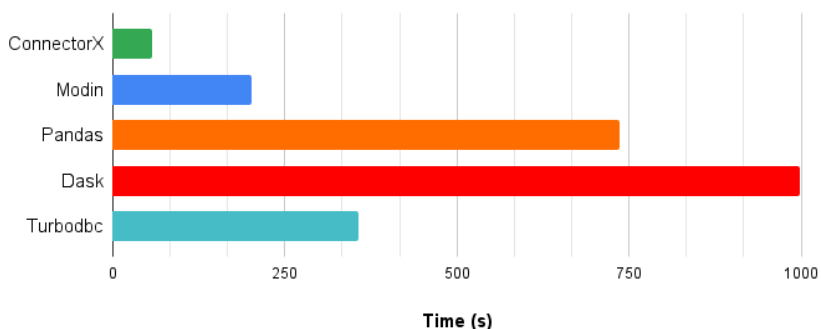


Рис. 2. Сравнение скорости выполнения запроса

Итого время обработки запроса сократилось в более чем 5 раз после применения данной библиотеки.

3. Использование numba и jit для ускорения обработки матрицы

Вне зависимости от разрешения итогового изображения размерность входных данных остается неизменной. На процессоре Intel Core i7 в одном потоке обработка массива данных за месяц занимает порядка трех секунд. Не так критично, как предыдущее ускорение с получением данных от базы, однако для runtime отдачи изображения это все еще слишком долго.

В Python существует библиотека JIT под названием Numba, которая позволяет ускорить выполнение кода за счет компиляции его в машинный код. Numba использует технику JIT компиляции для оптимизации производительности Python кода. Numba также предоставляет другие возможности для оптимизации кода, такие как векторизация, параллелизация и использование специфических типов данных для улучшения производительности.

В отличие от connectorx, применение которой не потребовало изменения базовой архитектуры сервиса, применение данной библиотеки для максимального ускорения потребовало ряд «упрощений» кода. Пришлось отказаться от классов, перейти к строго типизированным спискам для обработки данных, а также изменить формат первоначальной предподготовки данных. В итоге, основная логика второго пункта с использованием jit представляет собой две связанные оптимизированные функции, представленные ниже, на рис.3.

```

from numba import prange
@jit(nopython=True, nogil=True, cache=True)
def recalc_coord_3(lon, lat, val):
    if north > lat > south and west < lon < east:
        y = int(height - height * (lat - south) / (north - south))
        x = int(width * (lon - west) / (east - west))
        return y, x, val
    else:
        return 0, 0, 0

@jit(nopython=True, parallel=True, nogil=True, cache=True)
def calc_matrix_3(data, matrix):
    for i in prange(len(data)):
        lat, lon, value = data[i]
        y, x, value = recalc_coord_3(lon, lat, value)
        matrix[y][x] += value
    return matrix

```

Рис. 3. Пример оптимизированного и декомпозированного кода

Для данного участка кода также было посчитано итоговое ускорение и эффективность:

$$Sp(n) = Tl(n) / Tp(n), \quad (1)$$

$$Ep(n) = Sp(n) / p. \quad (2)$$

Итоговое ускорение для данного участка кода составило 60.55556, тогда как эффективность 0.756944.

Заключение

Использование распараллеливания при генерации карт плотностей является эффективным подходом для ускорения вычислений и повышения производительности. Путем распределения задач между несколькими ядрами процессора или даже между несколькими устройствами, такими как GPU, можно значительно сократить время выполнения сложных вычислений. Это особенно полезно при работе с большими объемами данных, где параллельная обработка может существенно сократить время генерации карт плотностей и улучшить общую производительность системы.

Использование соответствующих инструментов и библиотек, поддерживающих параллельные вычисления, позволяет эффективно использовать ресурсы вычислительной системы и достичь быстрых и точных результатов при анализе данных.

Список литературы

1. Миркин Б. Г. Введение в анализ данных. — М.: Юрайт. – 2020. – 175 с.
2. Чашкин, Ю.Р. Математическая статистика. Анализ и обработка данных: Учебное пособие / Ю.Р. Чашкин; Под ред. С.Н. Смоленский. — Рн/Д: Феникс, 2017. — 236 с.
3. Маккинли, У. Python и анализ данных / У. Маккинли. — М.: ДМК, 2015. — 482 с.
4. Тюрин Ю.Н. Анализ данных на компьютере: Учебное пособие / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров; Науч. ред. В.Э. Фигурнов. — М.: ИД ФОРУМ, 2017. — 368 с.
5. Ниворожкина Л.И. Статистические методы анализа данных: Учебник / Л.И. Ниворожкина, С.В. Арженовский, А.А. Рудяга. — М.: Риор, 2018. — 320 с.
6. Numba: User manual [Электронный ресурс]: мануал для пользователя. – Режим доступа : <https://numba.pydata.org/numba-doc/latest/user/jit.html>

Секция 8
САПР и цифровые
технологии

Информационная поддержка принятия оптимальных решений при унификации объектов перепроектируемого производства

М.А. Анфёров, e-mail: anfyorov@inbox.ru

«МИРЭА - Российский технологический университет»

***Аннотация.** Рассматривается метод оптимального выбора деталей-представителей групп технологически однородных объектов производства, реализуемый в рамках информационной технологии поддержки принятия решений в условиях неопределенности используемых данных. Информационная технология предназначена для использования в САПР перспективных технологических процессов, разрабатываемых в проектах технического перевооружения наукоемких производств. На примере ответственных деталей авиадвигателестроительного производства показана практическая эффективность выдвинутых теоретических положений.*

***Ключевые слова:** информационная поддержка, принятие решений, деталь-представитель, техническое перевооружение.*

Введение

Теория открытых систем предполагает энтропийный обмен с внешней средой, обеспечивающий устойчивое поддержание структуры и функции искусственной системы. Применительно к производственной системе кроме информационного обмена особое место занимает техническое перевооружение производства, направленное на внедрение инновационных технологических решений с акцентом на критические технологии [1] и требующее соответствующей технологической подготовки с перепроектированием ранее полученных и используемых в производстве решений. Внедрение данных инноваций реализуется через разработку перспективных технологических процессов средствами САПР.

Актуальность рассмотренных в работе вопросов определяется современной ситуацией, связанной с наращиванием производственных мощностей промышленных предприятий в рамках государственного оборонного заказа и постоянно обновляющих номенклатуру выпускаемых изделий двойного назначения. Данные факторы наряду со сжатými сроками технического перевооружения создают высокий уровень неопределенности в исходных данных, используемых для

получения комплекта проектной технологической документации [2] в инновационных проектах развития производства. Предлагаемая информационная технология поддержки принимаемых проектных решений позволяет повысить эффективность технологической подготовки технического перевооружения действующего производства в рамках выше обозначенных условиях.

1. Постановка задачи

Технологическая часть проекта технического перевооружения действующего серийного производства предполагает получение комплекта проектной технологической документации на перспективный технологический процесс [3], разрабатываемый на деталь-представитель технологически однородной группы объектов данного производства. При этом основные характеристики будущего производства, включая производственную мощность, рассчитываются исходя из маршрутно-операционного описания данного технологического процесса и приведенной программы [4].

Что касается разработки перспективного технологического процесса, то ее автоматизация обеспечивается использованием современных САПР ТП [5–6]. Однако остается проблема формализации выбора детали-представителя, для которой этот технологический процесс разрабатывается и по отношению к которой рассчитывается приведенная программа. Понятно, что данный выбор зависит от конструктивных характеристик представляемой группы деталей и типа производимого изделия.

В рамках данного исследования была поставлена и решена задача построения методики принятия оптимального решения по выбору детали-представителя конструктивно-технологически однородных групп. Формализация реализуемого при этом поиска позволяет принимать вышеназванные ответственные решения в рамках САПР ТП.

2. Методика выбора детали-представителя

Говоря о критерии оптимизации при выборе детали-представителя следует отметить необходимость максимального соответствия структуры станкоемкости ее перспективного технологического процесса структуре суммарной станкоемкости технологических процессов всех деталей группы. Это условие определяет максимально равномерную загрузку технологического оборудования того или иного типа на производственном участке или цехе, что напрямую влияет на экономические показатели производства. В идеале это можно выразить следующим соотношением (проиллюстрировано на рис.1)

$$\gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_m = 1; \gamma_j = T_j^k / T_j^\Sigma; T_j^k = t_j^k N_\Sigma^k; T_j^\Sigma = \sum_{i=1}^n t_j^i N_i, \quad (1)$$

где m – количество видов технологической обработки в привязке к определенному технологическому оборудованию, t_j^i – штучное время обработки i -й детали на j -м станке, t_j^k – штучное время обработки детали-представителя на j -м станке, n – количество деталей в группе, N_Σ^k – приведенная программа (см. (5)), N_i – программа i -й детали.

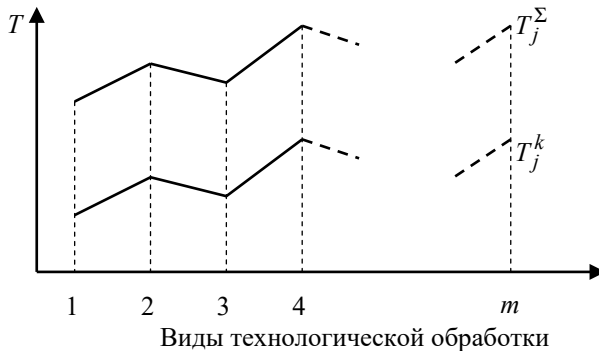


Рис. 1. Диаграмма структуры станкоемкости

Понятно, что в реальных производственных условиях соотношение (1) не выполняется. Поэтому величины γ_j отличаются от единицы (имеет место относительное смещение графиков на рис. 1). Кроме этого имеет место разброс значений, характеризуемый стандартным отклонением

$$S_k = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (\gamma_j^k - \bar{\gamma}^k)^2}; \bar{\gamma}^k = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \gamma_j^k; k = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Что касается отклонения значений γ_j от единичного, то оно оценивается величиной

$$S_k^1 = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (\gamma_j^k - 1)^2}. \quad (3)$$

Комплексная оценка структурного соответствия, учитывающая обе возникающие погрешности осуществляется показателем, рассчитываемым как

$$v_k = S_k^1 (S_k + 1). \quad (4)$$

С другой стороны при планировании перспективного использования производственных мощностей в состав исходных данных входят параметры конструктивного описания объектов производства, не позволяющие рассчитать оценки (2) и (3). В этой связи, при оптимальном выборе детали-представителя следует в качестве критериального взять параметр, рассчитываемый исключительно по конструктивным характеристикам детали и максимально коррелируемый с v_k .

Для этого обратимся к процедуре расчета приведенной программы N_{Σ}^k для группы объектов производства

$$N_{\Sigma}^k = \sum_{i=1}^n N^i K_{ik}; \quad K_{ik} = \tau^i / \tau^k, \quad (5)$$

где N^i – программа выпуска i -й детали; τ^i и τ^k – суммарные станкочемкости i -й детали и детали-представителя, имеющие эмпирическую степенную зависимость от набора организационно-конструктивных параметров p_1, p_2, \dots, p_z :

$$\tau^i = a_0 \cdot p_{1i}^{a_1} \cdot p_{2i}^{a_2} \cdot \dots \cdot p_{zi}^{a_z}, \quad (6)$$

где a_0, a_1, \dots, a_z – коэффициенты регрессии. В результате коэффициенты приведения K_{ik} рассчитываются по формуле

$$K_{ik} = \left(\frac{p_{1i}}{p_{1k}} \right)^{a_1} \cdot \left(\frac{p_{2i}}{p_{2k}} \right)^{a_2} \cdot \dots \cdot \left(\frac{p_{zi}}{p_{zk}} \right)^{a_z}. \quad (7)$$

В качестве вышеназванных параметров, как правило, используется масса детали, программа выпуска, характеризующая серийность и коэффициент сложности. Показатели степени в (5) имеют общие рекомендации для машиностроительного производства. Например, для массы его значение берется 2/3. Хотя понятно, что для конкретных групп деталей и производимых изделий значение эмпирических коэффициентов необходимо уточнять. Также следует уточнять и набор используемых конструктивных параметров.

Как было показано выше технологическое структурное соответствие детали-представителя всей группе оценивается стандартными отклонениями (2) и (3), которые в свою очередь имеют связь с однородностью приведения, оцениваемой средним квадратическим отклонением коэффициентов приведения:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_{ik} - \bar{K}_k)^2}; \bar{K}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{ik}. \quad (8)$$

Данный критериальный параметр используется как целевая функция при принятии оптимального решения. В качестве детали-представителя выбирается та из группы, для которой значение параметра (8) имеет минимальное значение. Возможен случай, когда выбирается несколько претендентов, имеющих низкое значение (8), для принятия окончательного решения с учетом дополнительных факторов и ограничений.

3. Практические результаты

Теоретические положения предлагаемой технологии информационной поддержки принятия оптимального решения по выбору детали-представителя были проверены выполненными исследованиями конструктивно-технологически однородных групп ответственных деталей газотурбинного авиационного двигателя.

На начальном этапе степенная модель (6) путем логарифмирования была приведена к линейному виду

$$\tau^i = a_0 + a_1 \cdot \lg p_{1i} + a_2 \cdot \lg p_{2i} + a_3 \cdot \lg p_{3i} + a_4 \cdot \lg p_{4i}, \quad (9)$$

в которой в качестве параметров рассматривались масса детали (p_1 , кг), конструктивные функциональные параметры (p_2 , мм; p_3 , °), программа (объем) выпуска (p_4 , шт.). Анализировалась группа из 19 деталей, которые в той или иной степени подвергаются технологической обработке в виде фрезерования на универсальном (ФУ) и специальном (ФС) оборудовании, полирования (П), шлифования специального (ШС) и плоского (ШП) (в рассмотрение не включены второстепенные технологические операции). Для данной группы был произведен отбор факторов в модель (9) посредством выполнения корреляционного анализа (см. рис. 2) и оценки значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента. При отсутствии мультиколлинеарности в качестве параметра для расчета коэффициентов приведения выбран параметр p_3 , имеющий максимальную корреляцию с величиной станкоемкости и для

которого подтверждена значимость коэффициента a_3 при доверительной вероятности 0,05. Значимость коэффициентов регрессии для остальных параметров отсутствует.

	A	B	C	D	E	F
1		lg τ	lgP1	lgP2	lgP3	lgP4
2	lg τ	1				
3	lgP1	0,457195	1			
4	lgP2	0,093733	0,187636	1		
5	lgP3	0,560643	0,494829	-0,14959	1	
6	lgP4	0,492903	0,357723	-0,35266	0,565469	1
7						

Рис. 2. Матрица парных коэффициентов корреляции в MS Excel

Таблица

Значения параметра γ_{ij}

Номер детали-представителя	Значение параметра для соответствующего вида технологической обработки				
	ФУ	ФС	П	ШС	ШП
1	1,303	0,650	0,566	0,776	1,500
2	1,552	0,778	0,598	0,000	0,000
3	1,289	0,629	0,567	0,759	0,000
4	1,086	0,601	0,504	0,721	0,000
5	0,625	0,325	0,317	0,372	0,449
6	0,812	0,553	0,339	0,256	0,534
7	0,827	0,501	0,322	0,477	0,544
8	0,586	1,092	1,486	1,008	1,246
9	0,988	2,067	1,996	2,216	3,174
10	1,713	0,826	1,308	1,174	0,465
11	2,121	0,781	1,266	1,268	0,569
12	1,105	0,792	0,815	0,727	0,296
13	2,677	1,126	0,641	1,181	0,383
14	0,427	0,861	0,571	0,873	0,802
15	0,720	0,380	0,441	0,423	0,720
16	0,720	0,380	0,441	0,423	0,720
17	0,745	0,507	0,379	0,952	0,478
18	0,491	0,302	0,214	0,331	0,638
19	0,494	0,303	0,235	0,333	0,513

Таким образом в формуле коэффициента приведения (7) использован только один третий параметр с показателем степени $a_3 = 1,72$.

Далее для каждой детали группы, играющей роль детали-представителя была рассчитана приведенная программа. Полученные значения были задействованы в формуле (1) для расчета матрицы $\|\gamma_{ij}\|$, $i = 1, \dots, 19$; $j = 1, \dots, 5$ (i – номер детали-представителя; j – номер вида технологической обработки) (см. таблицу).

Полученные результаты позволили рассчитать показатель (4) для каждой детали группы (см. рис. 3).



Рис. 3. Соотношение параметров v_k и σ_k

В свою очередь использованные ранее значения коэффициентов приведения позволили рассчитать критериальный параметр (8) для всех деталей группы. Сравнение значений показателей v_k и σ_k для деталей группы (см. рис. 3) показывает, что минимальное значение параметра σ_k указывает на детали группы, использование которых в качестве деталей-представителей обеспечит максимальное структурное соответствие рассчитываемого в проекте количества технологического оборудования реально используемому. В результате мы имеем технологию поддержки принятия решения по выбору детали-представителя, обеспечивающую оптимальный выбор, т.е. 14 деталь в качестве такого представителя ($\sigma_k = 0,459$).

Заключение

Полученные в данной работе результаты предоставляют разработчикам САПР перспективных процессов в качестве

математического обеспечения новый инструмент поддержки принятия решений при выборе деталей-представителей групп конструктивно-технологически однородных объектов производства. Это повышает эффективность технологической подготовки технического перевооружения действующего наукоемкого производства.

Правомерность использования изложенных теоретических положений продемонстрирована на практическом примере выбора деталей представителей однородных групп ответственных деталей авиадвигателестроительного производства.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» [Электронный ресурс]: база документов системы ГАРАНТ. – Режим доступа : <https://base.garant.ru/55171684/>
2. ГОСТ 3.1109–82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. Издание официальное. – М.: Стандартиформ, 2012. – 98 с.
3. Классификация, разработка и применение технологических процессов: Р 50-54-93-88. Рекомендации. – М: Госстандарт, 1988. – 35 с.
4. Демидов, А. В. Основы проектирования: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (2,1 Мб) / А. В. Демидов. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
5. Анфёров, М. А. Системная оптимизация наукоемких технологий / М. А. Анфёров // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2002. – №2. – С.57-60.
6. Жетесова, Г. С. Исследование и анализ САПР ТП машиностроительного производства / Г. С. Жетесова [и др.] // САПР и моделирование в современной электронике : сб. научн. тр. II Международной научно-практической конф. Часть 1. / Под ред. Л. А. Потапова, А. Ю. Дракина (Брянск, 24-25 октября 2018 г.). – Брянск: БГТУ, 2018. – С. 40-49.

Интеграция средств искусственного интеллекта в модули САПР на открытом геометрическом ядре

О. А. Вишняк, oleg.vishniak@mail.ru

М. В. Тюкин, maksim.t00@gmail.com

А. Н. Юров, yurovalex@mail.ru

ФГБОУ ВО «ВГТУ»

Аннотация. В работе предложен подход по интеграции решений систем ИИ в модули визуализации цифровых двойников изделий, разработанных на функциональных возможностях геометрического ядра Open Cascade, приведен анализ предметной области, включающий в себя базовые понятия и определения. Представлен алгоритм интеграции ChatGPT в модуль визуализации. В работе описаны методы и техники, использованные для интеграции ChatGPT, представлен фрагмент программного кода из практического опыта использования.

Ключевые слова: Модули по визуализации цифровых моделей изделий, открытое геометрическое ядро, ChatGPT, искусственный интеллект.

Введение

Применение искусственного интеллекта в автоматизированных системах проектирования на производстве играет ключевую роль в оптимизации процессов и улучшении производительности. При разработке собственных модулей по автоматизации процессов проектирования, внедрение средств искусственного интеллекта открывает новые возможности по улучшению качества программного продукта и скорости его ввода в эксплуатацию.

В работе предложен подход, связанный с интеграцией средств искусственного интеллекта на базе ChatGPT в модуль по визуализации твердотельных моделей, который реализован на программном интерфейсе открытого геометрического ядра Open Cascade.

1. Предметная область разработки

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой раздел компьютерной науки, направленный на создание программных систем, способных выполнять задачи, обычно требующие человеческого интеллекта. Эти системы могут воспринимать окружающую среду, анализировать данные, принимать решения, и, в некоторых случаях,

осуществлять коммуникацию на естественном языке. Применение ИИ включает в себя такие технологии, как машинное обучение, обработка естественного языка, компьютерное зрение и робототехника [1].

На фоне стремительного развития средств искусственного интеллекта с использованием инновационных моделей генерации текста, такие как ChatGPT, такие решения становятся все более популярными. ChatGPT представлена моделью генерации текста, разработанная компанией OpenAI на основе архитектуры GPT (Generative Pre-trained Transformer). Основное отличие текущей модели ChatGPT от предыдущих версий заключается в улучшенной способности понимания контекста и генерации более качественных, связанных ответов. Модель способна улавливать особенности и специфику человеческой речи, обладает обширной базой поиска знаний и способна выводить содержательные ответы на вопросы по технической тематике[2]. Способность ChatGPT генерировать человекоподобные ответы делает его востребованным и универсальным инструментом для задач обработки естественного языка.

САПР (система автоматизированного проектирования) является программным обеспечением, разработанным для автоматизации процессов проектирования, создания и анализа цифровых двойников изделий, включая электронные схемы, инженерные конструкции, библиотеки стандартных изделий, модули визуализации и рендеринга. Средствами САПР реализуются: повышение уровня производительности, точности проектирования, сокращение сроков разработки, упрощение взаимодействия между участниками процесса создания продукта. САПР системы включают в себя ряд инструментов, таких как 3D-моделирование, автоматизация проектирования чертежей, анализ конструкций, управление данными и другие функции, что делает их необходимым инструментом для инженеров, архитекторов, и дизайнеров [3].

Внедрение ChatGPT в проектные модули открывает возможности по созданию части компонентов указанных модулей или иметь интеллектуальную справочную систему во внутренней структуре целостной САПР системы. Инженеры, проектировщики и другие специалисты смогут общаться с системой на естественном языке, сформулировать запрос, запросить информацию или функциональную команду, что в итоге повлияет на процессы проектирования и управления проектами. Данный процесс можно считать шагом сближения на пути к более наглядному представлению информации и расширению функциональности системы за счет ее способности понимать и генерировать тексты.

2. Механизм интеграции ChatGPT в решения, построенные на открытом геометрическом ядре

На текущий момент известно, что разработчики систем автоматизированного проектирования активно развивают идеи интеграции открытых и коммерческих средств ИИ в свои продукты. Известно, что в программном продукте FreeCad уже реализована возможность использования интерпретатора Python, что дает возможности к подключению открытого проекта Gpt4Free.

В работе предлагается использовать подход, который обеспечит выполнение запросов из модуля с графическим интерфейсом к API ChatGPT. Алгоритм с механизмом создания запроса и получения ответа от API ChatGPT представлен на рис. 1.

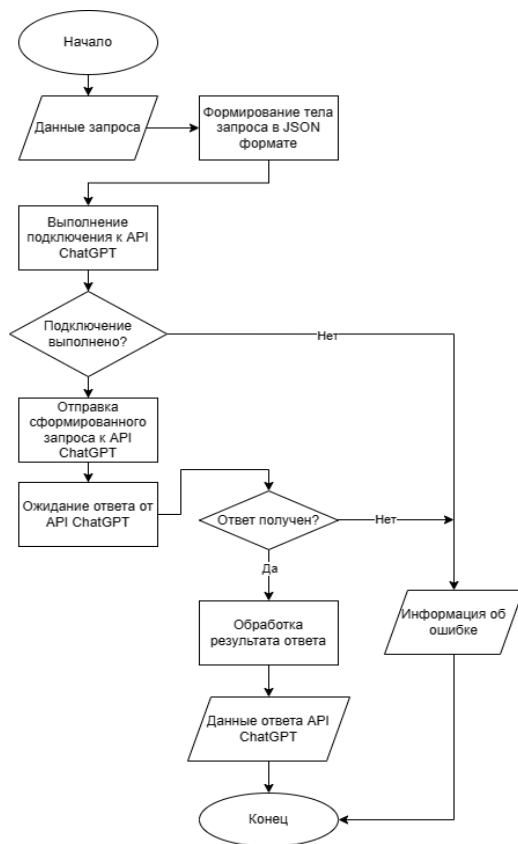


Рис. 1. Алгоритм выполнения запроса

3. Реализация ChatGPT в модуле визуализации данных

Интеграция была выполнена в проекте, построенном на основе примера с применением компонентов библиотеки GLFW, функционала Open CASCADE Technology и библиотеки графических интерфейсов ImGUI.

Инструмент для разработки - Visual Studio 2022.

Для реализации проекта в ОС Windows необходимо установить следующие библиотеки: imgui, cprrest средствами пакетного менеджера vcpkg.

В качестве провайдера для взаимодействия с API OpenAI был выбран Chad API. Реализация функционального компонента, которая будет отправлять запрос в API ChatGPT, представлена листингом:

```
std::string sendRequestToChatGpt(std::string requestString) {
    // Формируем запрос
    web::json::value request_json;
    request_json[U("message")] =
web::json::value::string(utility::conversions::to_string_t(requestString));
    request_json[U("api_key")] =
web::json::value::string(U("token"));

    // Отправляем запрос и ждем ответа
    web::http::client::http_client
client(U("https://ask.chadgpt.ru/api/public/gpt-3.5"));
    web::http::http_request request(web::http::methods::POST);
    request.set_body(request_json);
    web::http::http_response response =
client.request(request).get();

    // Проверяем, отправился ли запрос
    if (response.status_code() != 200) {
        std::cout << "Ошибка! Код http-ответа: " <<
response.status_code();
    }
    else {
        // Получаем текст ответа и преобразовываем в dict
        web::json::value resp_json =
response.extract_json().get();

        // Если успешен ответ, то выводим
        if (resp_json[U("is_success")].as_bool()) {
            std::string resp_msg =
utility::conversions::to_utf8string(resp_json[U("response")].as_string());
            return "ChatGPT: "+resp_msg;
        }
        else {
```

```

        return "ChatGPT: " +
utility::conversions::to_utf8string(resp_json[U("error_message
")]].as_string());

    }

    return "no response";
}

```

Функция, которая обеспечивает вывод меню ImGui, состоящее из поля ввода и кнопки, по нажатию на которую будет отправляться запрос к ChatGPT и выводиться ответ, в области программы:

```

void GlfwOcctView::renderGui()
{
    ImGuiIO& aIO = ImGui::GetIO();
    ImGui_ImplOpenGL3_NewFrame();
    ImGui_ImplGlfw_NewFrame();
    ImGui::NewFrame();
    ImGui::Begin("Menu");
    ImGui::InputText("Enter text", buffer, bufferSize);
    if (ImGui::Button("Send to ChatGpt")) {
        char* resp = buffer;
        textResponse += "You: ";
        textResponse += buffer;
        textResponse += "\n";
        textResponse+= sendRequestToChatGpt(buffer);
        textResponse += "\n";
    };
    ImGui::PushItemWidth(200);
    ImGui::TextWrapped(textResponse.c_str());
    ImGui::PopItemWidth();
    ImGui::End();
    ImGui::Render();
    ImGui_ImplOpenGL3_RenderDrawData(ImGui::GetDrawData());
    glfwSwapBuffers(myOcctWindow->getGlfwWindow());
}

```

Результаты работы приложения представлены на рис. 2.

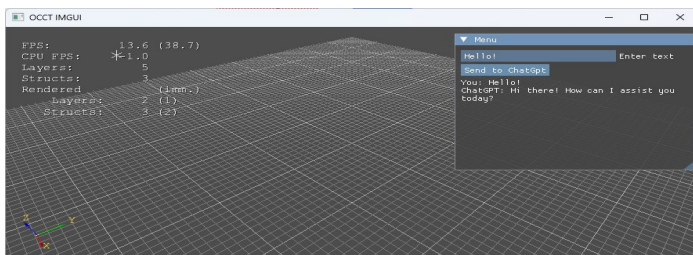
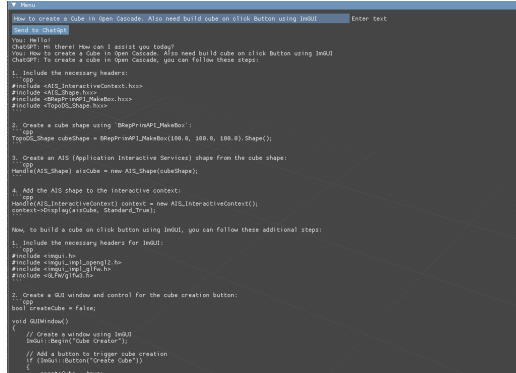


Рис. 2. Вывод меню в области программы

4. Тестирование компонента в модуле по визуализации данных

Предположим, что разработчику необходимо создать некоторый набор фигур, которые строятся на базе готовых геометрических примитивов геометрического ядра по нажатию кнопки в меню. Требуется запрос, ответ которого должен содержать реализацию данной задачи в виде кода на языке программирования C++. Запрос и ответ ChatGPT показан на рис. 3.



```
How to create a cube in Open Cascade. Also need build cube on click Button using InOUI
Enter text

You: Hello
ChatGPT: Hi there! How can I assist you today?
You: How to create a cube in Open Cascade. Also need build cube on click Button using InOUI
ChatGPT: To create a cube in Open Cascade, you can follow these steps:

1. Include the necessary headers:


```

#include <Qt3DCore>
#include <Qt3DRender>
#include <QtOpenGL>
#include <QtWidgets>

```


2. Create a cube shape using QShapeFactory:


```

QShapeFactory *shapeFactory = new QShapeFactory(QOpenGLContext::currentContext());
QShape *cubeShape = shapeFactory->createShape(QShapeFactory::Cube);

```


3. Create an AIS (Application Interactive Services) shape from the cube shape:


```

AIS_Shape *cubeAIS = new AIS_Shape(cubeShape);

```


4. Add the AIS shape to the Interactive context:


```

AIS_InteractiveContext *context = new AIS_InteractiveContext();
context->Display(cubeAIS, Standard_True);

```


Now, to build a cube on click using InOUI, you can follow these additional steps:

1. Include the necessary headers for InOUI:


```

#include <InOUI>
#include <InOUI_Widgets>
#include <InOUI_Widgets_3D>
#include <InOUI_Widgets_3D_Viewer>

```


2. Create a GUI window and control for the cube creation button:


```

class CubeCreationButton : public InOUI_Widgets_3D_Viewer
{
public:
 CubeCreationButton(QWidget *parent) : InOUI_Widgets_3D_Viewer(parent)
 {
 // Create a window using InOUI
 InOUI_Begin(CubeCreationButton);
 // Add a button to trigger cube creation
 InOUI_Widgets_3D_Viewer *viewer = new InOUI_Widgets_3D_Viewer(this);
 viewer->createCube = true;
 }
};

```


```

Рис. 3. Запрос к ChatGPT в составе модуля по визуализации

Полученный код добавляется в открытую функцию модуля визуализации и производится повторная сборка проектного решения. Результат показан на рис. 4.

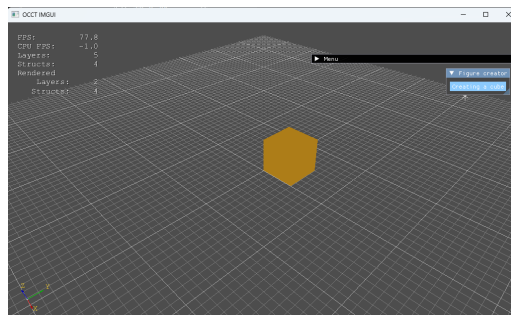


Рис. 4. Результат работы модуля визуализации

Заключение

Интеграция искусственного интеллекта, в частности ChatGPT, в системы автоматизированного проектирования (САПР) представляет

собой значительный шаг вперед в области оптимизации рабочих процессов, повышения точности и эффективности проектирования. Интеграция открывает новые возможности для улучшения коммуникации, ускорения принятия решений и создания интуитивных интерфейсов, способствует повышению производительности, сокращению временных затрат, что делает проектирование простым, удобным и эффективным.

Список литературы

1. Боровская Е. В. Основы искусственного интеллекта / - Е. В. Боровская, Н. А. Давыдова. – 4-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019
2. Chat GPT и технологии обработки естественного языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mygpt.ru/blog/chat-gpt-i-tehnologii-obrabotki-estestvennogo-azyka>
3. Лавришев, И.Б. Применение САПР в автоматизации технологических процессов. [Электронный ресурс] / И.Б. Лавришев, А.Ю. Кириков. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2009. — 8 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/40878>
4. Прата, С. Язык программирования C++. Основы и Применение / С. Прата. – М.: Вильямс., 2012. – 1248 с.

Создание NXOpen Wizard для различных версий Visual Studio

Е. Э. Жерлицын, e-mail: ezherlitsyn@mail.ru

И. П. Колотушкин, e-mail: curis.man@mail.ru

А. А. Пак, e-mail: allazquach1960@gmail.com

ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет

Аннотация. На основе программных средств NX разработан шаблон программы для создания динамических библиотек с поддержкой модуля “журнал”.

Ключевые слова: NX, NXOpen Wizard, DLL, Visual Studio, шаблон проекта, настройка проекта.

Введение

Востребованность кастомизации ПО САПР обусловлена необходимостью конструкторско-технологической подготовки изделий, созданных в этом программном обеспечении, в частности, в ПО Siemens NX. При запуске изделий в производство неизбежно изменяется их конструкция, что влечет за собой изменение технологической оснастки. Для обеспечения неразрывности этапов цифрового производства и автоматизации соблюдения принципов ассоциативности, параметричности конструкции изделия и технологической оснастки как раз и нужна кастомизация ПО.

В современной разработке ПО инструменты разработчика играют важную роль в повышении его производительности и качества. Одним из таких инструментов является Visual Studio, мощная интегрированная среда разработки (IDE), которая уже давно зарекомендовала себя в мире программирования. Однако, начиная с версии Visual Studio 2015, были внесены изменения, связанные с пользовательскими шаблонами, что повлияло на структуру файлов проекта. Это имело негативное влияние на совместимость существующих инструментов, таких как NXOpen Wizard. В данной статье мы обсудим создание NXOpen Wizard для Visual Studio 2022, отвечающего требованиям структуры проекта и обеспечивающего автоматизацию создания проектов изделий и оснастки в среде разработки.

Создание проекта

Технология разработки проекта, из которого будет создан шаблон для последующих проектов включает в себя открытие пустого консольного проекта C++ и перехода, затем, в свойства проекта.

Чтобы сборка проходила без ошибок, необходимо выполнить следующие настройки:

- выбрать компиляцию проекта в виде динамической библиотеки (.dll).

Для этого в свойствах конфигурации – «Общие» пункт "Тип конфигурации" изменим на "Динамическая библиотека (.dll)".

- настроить "Использовать MFC в общей DLL" в виде общей (shared) динамической библиотеки (.dll). Когда MFC используется в качестве общей DLL, она компилируется в отдельную библиотеку, которая может быть загружена и использована другими приложениями, если они также используют MFC. Это позволяет сократить размер исполняемого файла приложения и обеспечить использование кода MFC. При работе с NXOpen Wizard MFC функциональность используется для разработки пользовательского интерфейса и других аспектов приложения, связанных с NX.

В свойствах конфигурации – «Дополнительно»

- пункт "Использование MFC" изменим на "Использовать MFC в общей DLL".
- пункт "Дополнительные каталоги включаемых файлов" указываем дополнительные пути, где компилятор должен искать включаемые файлы.

C/C++ – Общие

- пункт "Дополнительные каталоги включаемых файлов" вставим "\$ (UGII_BASE_DIR)\ugopen".
- далее добавим препроцессорные определения.
- отключим проверки безопасности в стандартной C++ библиотеке и укажем, что проект является пользовательской динамической библиотекой (DLL).

C/C++ – Препроцессор.

В пункт "Определение препроцессора" вставим "_SECURE_SCL=0; USDLL;%(PreprocessorDefinitions)".

Настройка "Многопоточный DLL (/MD)" означает, что проект будет связываться с динамической библиотекой Microsoft Visual C++ Runtime (CRT), которая обеспечивает выполнение различных функций и

операций времени выполнения, таких как выделение памяти, обработка исключений и синхронизация потоков.

C/C++ – Создание кода.

- пункт "Библиотека времени выполнения" изменим на "Многопоточный DLL (/MD)".

Настройка "Включить информацию о типах времени выполнения" в Visual Studio для проекта на C/C++ включает поддержку информации о типах времени выполнения (RTTI – Run-Time Type Information).

RTTI позволяет работать с типами данных во время выполнения программы, включая получение информации о типах, выполняющихся приведений типов и обработки исключений при неправильных приведениях типов.

Когда эта настройка включена, компилятор добавляет дополнительные данные о типах в объектный файл, чтобы сохранить информацию о каждом используемом типе в программном коде.

C/C++ – Язык.

- пункт "Включить информацию о типах времени выполнения" изменим значение на "Да (/GR)".

Настройка "Режим совместимости" указывает на использование настроек компилятора, которые соответствуют текущей версии компилятора и выбранному стандарту языка.

Когда настройка установлена на "По умолчанию", компилятор будет использовать настройки, предоставляемые поставщиком стандартной библиотеки или настройки, установленные пользователем в компиляторе Visual Studio.

- пункт "Режим совместимости" изменим на "По умолчанию".

Отключим использования предварительно откомпилированных заголовков ("pch" – precompiled headers) в проекте.

C/C++ – Предварительно откомпилированный заголовок

- пункт "Предварительно откомпилированный заголовок" укажем пустое значение.
- пункт "Дополнительные каталоги библиотек" в настройках компоновщика (линкера) в Visual Studio используется для указания дополнительных путей поиска библиотек во время компоновки проекта.

Компоновщик – Общие

- пункт "Дополнительные каталоги библиотек" вставим "\$ (UGII_BASE_DIR)\ugopen".

Пункт "Дополнительные зависимости" в настройках компоновщика (линкера) в Visual Studio используется для указания дополнительных библиотек или модулей, от которых зависит проект при компоновке.

Компоновщик – Ввод

В пункт "Дополнительные зависимости" добавим следующие зависимости:

```
"libufun.lib;libufun_cae.lib;libnxopencpp.lib;libnxopencpp_annotations.lib;libnxopencpp_assemblies.lib;libnxopencpp_bodydes.lib;libnxopencpp_cae.lib;libnxopencpp_cam.lib;libnxopencpp_die.lib;libnxopencpp_display.lib;libnxopencpp_drafting.lib;libnxopencpp_drawings.lib;libnxopencpp_facet.lib;libnxopencpp_features.lib;libnxopencpp_fields.lib;libnxopencpp_formboard.lib;libnxopencpp_gateway.lib;libnxopencpp_geometricanalysis.lib;libnxopencpp_geometricutilities.lib;libnxopencpp_issue.lib;libnxopencpp_layer.lib;libnxopencpp_layout2d.lib;libnxopencpp_mechatronics.lib;libnxopencpp_modldirect.lib;libnxopencpp_motion.lib;libnxopencpp_optimization.lib;libnxopencpp_options.lib;libnxopencpp_partfamily.lib;libnxopencpp_pdm.lib;libnxopencpp_physmat.lib;libnxopencpp_positioning.lib;libnxopencpp_preferences.lib;libnxopencpp_routing.lib;libnxopencpp_shapesearch.lib;libnxopencpp_sheetmetal.lib;libnxopencpp_sim.lib;libnxopencpp_tooling.lib;libnxopencpp_userdefinedobjects.lib;libnxopencpp_validate.lib;libnxopencpp_visualreporting.lib;libnxopencpp_weld.lib;libugopenint.lib;libugopenint_cae.lib;libnxopenucpp.lib";%(AdditionalDependencies)".
```

После завершения настройки, можно приступить к созданию шаблона проекта. Укажем название, описание, значок и оставим галочку "Импортировать шаблон в Visual Studio". Теперь при создании проекта можно обнаружить в списке только что созданный шаблон (рис. 1).

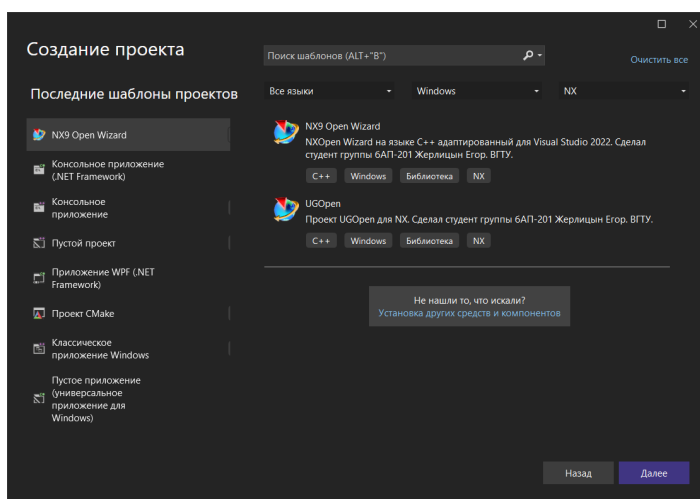


Рис. 1. Окно «создание проекта» с пользовательским шаблоном

После создание проекта, можно приступить к написанию кода. Вставим код, который создавал NXOpen Wizard по умолчанию и в функцию `ufsta` добавим код построения детали, созданный с помощью журнала NX. Скомпилируем проект и откроем созданный DLL файл в NX.

Код проекта NXOpen Wizard по умолчанию

```

/*****
*****
**
** Description:
**   Contains Unigraphics entry points for the application.
**
*****
*****/

/* Include files */
#if ! defined ( __hp9000s800 ) && ! defined ( __sgi ) && !
defined ( __sun )
#   include <sstream>
#   include <iostream>
    using std::ostringstream;
    using std::endl;
    using std::ends;
    using std::cerr;
#else
#   include <sstream.h>
#   include <iostream.h>
#endif
#include <uf.h>
#include <uf_ui.h>
#include <uf_exit.h>

#define UF_CALL(X) (report_error( __FILE__, __LINE__, #X,
(X))

static int report_error( char *file, int line, char *call, int
irc)
{
    if (irc)
    {
        char err[133],
            msg[133];

        sprintf(msg, "*** ERROR code %d at line %d in %s:\n+++
",
                irc, line, file);
        UF_get_fail_message(irc, err);

        UF_print_syslog(msg, FALSE);
        UF_print_syslog(err, FALSE);
    }
}

```

```

UF_print_syslog("\n", FALSE);
UF_print_syslog(call, FALSE);
UF_print_syslog(";\n", FALSE);

if (!UF_UI_open_listing_window())
{
    UF_UI_write_listing_window(msg);
    UF_UI_write_listing_window(err);
    UF_UI_write_listing_window("\n");
    UF_UI_write_listing_window(call);
    UF_UI_write_listing_window(";\n");
}
}

return(irc);
}

/*****
*****
** Activation Methods
*****
*****/
/* Unigraphics Startup
** This entry point activates the application at
Unigraphics startup */
extern DllExport void ufsta( char *param, int *returnCode, int
rlen )
{
    /* Initialize the API environment */
    if( UF_CALL(UF_initialize()) )
    {
        /* Failed to initialize */
        return;
    }

    /* TODO: Add your application code here */

    /* Terminate the API environment */
    UF_CALL(UF_terminate());
}

/*****
*****
** Utilities
*****
*****/

/* Unload Handler
** This function specifies when to unload your application
from Unigraphics.

```

```

**      If your application registers a callback (from a
MenuScript item or a
**      User Defined Object for example), this function MUST
return
**      "UF_UNLOAD_UG_TERMINATE". */
extern int ufusr_ask_unload( void )
{
    return( UF_UNLOAD_IMMEDIATELY );
}

```

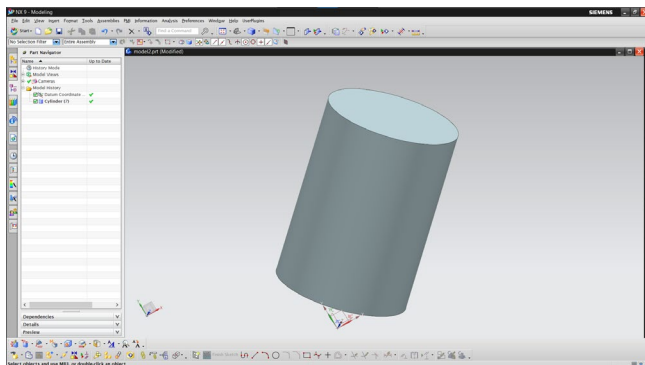


Рис. 2. Результат выполнения пользовательской функции

Заключение

Разработанный шаблон позволяет использовать при создании динамической библиотеки для NX автоматически сгенерированный модулем “Журнал” код, что позволяет автоматизировать элементы конструкторско-технологической подготовки.

В данной статье представлена структура пользовательских шаблонов, изменённая в Visual Studio начиная с версии 2015. Обнаружено, что новые версии Visual Studio перестали читать и использовать NXOpen Wizard так, как это делалось ранее.

Создание NXOpen Wizard для Visual Studio на примере версии Visual Studio 2022 предоставляет разработчикам возможность воспользоваться всеми преимуществами современной версии Visual Studio, сохраняя при этом удобство и гибкость, предоставляемые NXOpen Wizard. Это открывает новые горизонты для разработки приложений, основанных на NXOpen API, и способствует увеличению производительности и эффективности.

Список литературы

1. Данилов Ю., Артамонов И. Д17 Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
2. Создание шаблонов проектов // Microsoft Learn : сайт. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/ide/how-to-create-project-templates?view=vs-2022> (дата обращения: 21.01.2024)
3. Тихомиров В.А. Разработка приложений для Unigraphics на языке C. – Издательство: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 462 с.
4. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. – 472 с.
5. Сергеев, А.И. С 32 Разработка прикладных модулей для системы автоматизированного проектирования «Siemens NX» : учебное пособие / А.И. Сергеев ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ. – 2021. – 137 с.

Интеграция «Битрикс24.CRM» в информационную систему организации по вывозу мусора

К.С. Карева, e-mail: kksenial15@gmail.com,
Н.А. Батищев, e-mail: nikita.batishcheff@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный экономический университет
(СПбГЭУ)

***Аннотация.** Рассматривается интеграция CRM системы в информационную систему организации, занимающейся вывозом мусора.*

***Ключевые слова:** Информационная система, CRM, «Битрикс», платформа «1С: Предприятие»*

Введение

Организация работы компании, занимающейся вывозом мусора, основывается на решении сложных логистических задач. Важно иметь возможность получать актуальную и точную информацию оперативно. Ежедневный информационный поток в рассматриваемой организации требует значительных усилий и времени для обработки. Необходимо эффективно управлять всеми процессами, связанными с транспортировкой отходов, чтобы удовлетворять потребности клиентов и соблюдать требования законодательства. В современном мире управление предприятием без использования автоматизированных систем является затруднительным.

В статье рассматриваются основные принципы и преимущества интеграции, а также технические и функциональные аспекты процесса.

Первая часть описывает используемую организацией информационную систему и объясняет, почему такая интеграция является важной для фирмы, занимающейся вывозом мусора. Вторая часть статьи основывается на опыте реальной организации и описывает шаги, необходимые для успешной интеграции CRM системы в информационную систему организации по вывозу мусора. Рассматриваются проблемы, с которыми сталкиваются организации во время интеграции, и предлагаются практические решения. В статье рассматриваются преимущества интеграции CRM системы в информационную систему организации по вывозу мусора. Обсуждается улучшение клиентского опыта и повышение уровня обслуживания клиентов на основе использования CRM системы. Основной целью статьи является предоставление читателям практических рекомендаций

и руководств по успешной интеграции CRM системы в информационную систему организации по вывозу мусора.

1. Информационная система компании As Is

Основные бизнес-процессы компании – планирование и разработка расписания, сбор и транспортировка мусора и утилизация мусора. Схема бизнес-процессов верхнего уровня компании представлена на рисунке.

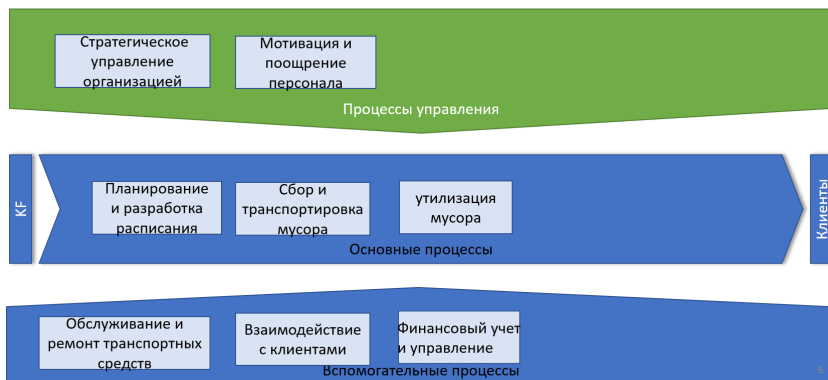


Рисунок. Схема бизнес-процессов верхнего уровня

В организации была внедрена система «1С:Предприятие 8.3», способная сберечь время, повышать производительность труда и оптимизировать рабочие процессы. Автоматизирована работа менеджеров по заполнению карточек контрагентов, расчета и печати договоров, составления и печати планов и маршрутных листов. Автоматизирована работа по контролю за персоналом при помощи ведения отчетов, карточек учета рабочего времени водителей и добавления системы взаимодействия с интеграцией с Telegram. При ведении всех видов задач, касаемых ремонтных работ организации ведется строгое отслеживание при помощи возможности заполнения расходов и поступлений, получения отчетов и интерактивного списка задач по ремонту, который точно показывает сроки и ответственного по ремонту. Хранение всей справочной информации в системе позволяет получать актуальную и необходимую информацию своевременно [1].

В ходе эксплуатации системы появились новые проблемы, связанные с приемом заявок. Одной из проблем является отсутствие механизма автоматической регистрации заявок. В настоящее время клиенты вынуждены отправлять заявки по электронной почте или через

телефонный звонок, что затрудняет процесс обработки и увеличивает вероятность ошибок. Если прием первичных заявок через телефон логичен и удобен, то обработка вторичных обращений на установку или вывоз только перегружает офис, и требует автоматизации. Кроме того, система не предоставляет возможность мониторинга статуса заявки клиента. Клиентам необходимо самостоятельно связываться с отделом приема заявок для узнавания статуса выполнения и получения информации о дальнейших шагах. Это создает неудобства и снижает уровень обслуживания. Важным требованием, которого лишена система 1С, является автоматическое оповещение клиентов о дате и времени оказания услуги. Отсутствие такой функциональности требует дополнительных усилий со стороны сотрудников организации для своевременного уведомления клиентов о предстоящей работе.

Для решения данной проблемы рекомендуется рассмотреть возможность интеграции CRM-системы «Битрикс24.CRM». Данная система имеет большой спектр возможностей, интеграция с «1С» и простота использования [3]. Также «Битрикс» обходится в три раза дешевле другой CRM системы «АмоCRM» [4]. Это позволит организации улучшить процесс приема и обработки заявок, а также повысить уровень обслуживания клиентов. «Битрикс24.CRM» предлагает широкий набор функционала, включающий в себя возможность управления заявками, формирования отчетов, ведения клиентской базы данных и так далее. Интеграция данной системы позволит автоматизировать процессы приема и обработки заявок, что облегчит работу сотрудникам и повысит эффективность работы всей организации. Кроме того, интеграция CRM-системы «Битрикс24.CRM» также предоставит организации дополнительные возможности, такие как улучшение взаимодействия с клиентами, контроль над выполнением заказов, аналитика по работе с клиентами и многие другие. Таким образом, интеграция CRM-системы «Битрикс24.CRM» в организацию по вывозу мусора позволит решить проблему приема заявок, обеспечить эффективное управление рабочим процессом и повысить клиентскую удовлетворенность.

2. План внедрения «Битрикс24.CRM» в компании

План внедрения «Битрикс24.CRM» в мусорной компании предоставляет комплексный подход, направленный на оптимизацию управления клиентскими отношениями и повышение общей эффективности предприятия. Внедрение должно осуществляться последовательно и контролируемо с учетом особенностей бизнес-процессов и требований компании.

План внедрения состоит из следующих этапов:

1. Подготовка инфраструктуры для разворачивания системы;
2. Установка и настройка системы;
3. Интеграция системы с «1С»;
4. Обучение персонала;
5. Пилотное тестирование системы;
6. Оценка результатов пилотного тестирования и коррекция стратегии при необходимости.

Для реализации этого плана предлагается создать рабочую группу, состоящую из трех должностных лиц:

1. Исполнительный директор;
7. Системный администратор;
8. Менеджер клиентской службы.

Матрица распределения ответственности представлена в табл. 1.

Таблица 1

Матрица распределения ответственности

№ этапа	Название этапа	Исполнительный директор	Системный администратор	Менеджер клиентской службы
1	Подготовка инфраструктуры для разворачивания системы	A	R	I
2	Установка и настройка системы	A	R	I
3	Интеграция системы с «1С»	A	R	I
4	Обучение персонала	A	C	R
5	Пилотное тестирование системы	A	C	R
6	Оценка результатов пилотного тестирования и коррекция стратегии при необходимости	R	C	I

На процесс интеграции планируется потратить 3 месяца, большая часть из этого времени отводится на обучение персонала, поскольку этот этап является наиболее непредсказуемым по своему результату. В табл. 2 указаны сроки выполнения каждого этапа внедрения.

Сроки выполнения этапов

№ этапа	Название этапа	Сроки выполнения, недели
1	Подготовка инфраструктуры для разворачивания системы	3
2	Установка и настройка системы	1
3	Интеграция системы с «1С»	1
4	Обучение персонала	4
5	Пилотное тестирование системы	2
6	Оценка результатов пилотного тестирования и коррекция стратегии при необходимости	1

Пилотное тестирование представляет собой ключевой этап внедрения CRM-системы, обеспечивающий выявление и устранение возможных проблем, а также адаптацию системы к особенностям компании перед ее полным масштабированием.

В ходе тестирования должны быть проверены следующие сценарии:

1. Регистрация и Аутентификация.
 - Проверка возможности успешной регистрации нового пользователя в системе;
 - Проверка корректности процесса аутентификации.
2. Управление Kontakтами и Клиентской Базой.
 - Добавление нового контакта в систему;
 - Редактирование информации о контакте;
 - Удаление контакта.
3. Взаимодействие с Задачами.
 - Создание новой задачи;
 - Назначение ответственного сотрудника;
 - Отслеживание статуса задачи.
4. Мониторинг Сделок и Продаж.
 - Создание новой сделки;
 - Управление этапами сделки;
 - Анализ отчетности по продажам.
5. Интеграция с "1С:Предприятие 8.3".
 - Передача данных между «Битрикс24.CRM» и "1С";
 - Согласованность информации между системами.

После проведения тестирования каждый сценарий оценивается по пятибалльной шкале менеджером клиентской службы, рассчитывается общий балл, делается вывод о результатах тестирования (табл. 3).

Таблица 3

Результаты тестирования

0-15	16-20	21-25
Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Отлично

Анализ результатов пилотного тестирования CRM-системы «Битрикс» предоставляет ключевую информацию для оптимизации стратегии внедрения. Полученные данные об эффективности, функциональности и обратной связи от пользователей станут основой для принятия обоснованных решений исполнительным директором. Эти результаты не только выявляют успешные моменты, но и выделяют области, требующие дополнительного внимания и улучшений. Исполнительный директор, опираясь на анализ тестирования, принимает решения по коррекции стратегии внедрения, направленные на максимальную эффективность и успешное интегрирование CRM-системы в текущие бизнес-процессы компании.

Заключение

В ходе анализа основных бизнес-процессов и информационной системы компании была выделена проблема, заключающаяся в отсутствии четкой системы взаимодействия с клиентами. Было предложено внедрение «Битрикс24.CRM», разработан план внедрения, выделены ответственные лица, а также система оценки внедрения системы.

Предложенное улучшение направлено на повышение эффективности и оптимизацию текущих бизнес-процессов компании. Внедрение предложенного решения предоставит возможность более эффективного управления информационными потоками, ресурсами и обеспечит более точное выявление ключевых факторов, влияющих на результативность компании.

С учетом вышеописанных результатов, представленный план внедрения улучшения представляет собой систематическую стратегию, нацеленную на улучшение текущих бизнес-процессов и повышение эффективности деятельности компании. Исполнительным директором будет принято решение о дальнейших шагах, основываясь на предоставленных данных и плане внедрения, с целью обеспечения успешного достижения поставленных целей и улучшения общей эффективности компании.

Список литературы

1. Тагайцева, С. Г. Автоматизация бизнес-процессов организации по вывозу мусора / С. Г. Тагайцева, К. С. Карева // Актуальные проблемы социально-экономического и технологического развития России: теория и практика : Материалы Национальной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 30 ноября 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 152-158. – EDN CLAAJV.
2. Сквозные технологии в цифровых экосистемах : монография / [В.В.Трофимов, Л.А.Трофимова, В.Ф.Минаков и др.] ; под ред. В.В.Трофимова, В.Ф.Минакова ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. экон. ун-т, Каф. информатики. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГЭУ, 2022. 1 файл (37,0 Мб).
3. Черноусова, С. А. Сравнительный анализ российских crm-систем / С. А. Черноусова // Аллея науки. – 2020. – Т. 2, № 6(45). – С. 987-991. – EDN EWQGEQ.
4. Темиргалиев, А. Д. Комплекс программных решений интегрированных в Битрикс24 / А. Д. Темиргалиев // Наука и образование. – 2022. – № S2-2(67). – С. 23-29. – EDN GUFTTX.

Проблемы и направления развития технологий аналитики больших данных для принятия управленческих решений

Е. В. Крейсманн, e-mail: lizamelnikiva47@gmail.com

К. В. Крейсманн, e-mail: kreysmann.kirya@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

***Аннотация.** Исследованы компании со стороны внедрения и развития современных технологий цифровизации предприятия. Были выявлены актуальные проблемы и направления развития технологий аналитики больших данных для принятия управленческих решений.*

***Ключевые слова:** технологии аналитики, большие данные, принятие управленческих решений.*

Введение

В условиях развития цифровых университетов возникает необходимость в построение новых моделей процессов коммуникации [1] и их цифровизации на базе цифровых платформ с использованием сервисов искусственного интеллекта и машинного обучения [2].

В эпоху цифровой трансформации компании в различных отраслях сталкиваются с сложностями обработки больших объемов данных. Применение технологий аналитики больших данных становится ключевым для организаций, стремящихся делать обоснованные управленческие решения. Этот материал исследует проблемы, с которыми сталкиваются предприятия, а также направления развития этих технологий с целью улучшения процессов принятия решений на управленческом уровне. Были выявлены актуальные проблемы и направления развития технологий аналитики больших данных для принятия управленческих решений.

Таким образом, развитие технологий хранения данных, способных эффективно обрабатывать огромные объемы информации, и использование облачных платформ становятся неотъемлемой частью успешной реализации аналитики больших данных в сфере машиностроения.

1. Обработка и хранение данных

Среди первых и главных аспектов можно выделить обработку и хранение данных [5]. Производственные процессы генерируют огромные объемы данных. Эффективная обработка и анализ этих

данных становится сложной задачей. Появляется необходимость в развитии технологий хранения данных, оптимизированных для обработки больших объемов информации.

С увеличением потока данных становится ясной неотложная потребность в совершенствовании систем хранения. Существующие традиционные методы могут оказаться недостаточными для обеспечения эффективной обработки и анализа данных. Важно разработать и внедрить инновационные решения, которые способны обеспечивать высокую производительность и быстрый доступ к данным.

Также все более актуальным становится использование облачных платформ для хранения и обработки данных. Облачные решения обеспечивают высокую масштабируемость, позволяя мгновенно увеличивать объемы хранилища по мере необходимости. Это также снижает нагрузку на внутреннюю ИТ-инфраструктуру предприятия и обеспечивает гибкость в управлении ресурсами.

2. Интеграция источников данных

Следующим важным аспектом является интеграция данных из различных источников. Предприятия могут использовать разнообразные системы и источники данных, что создает необходимость в их объединении для формирования единого информационного пространства. Однако эта задача может быть сложной из-за различий в форматах, структурах и стандартах данных.

Развитие технологий для эффективной интеграции данных из разных источников становится приоритетным направлением. Новые инструменты должны обеспечивать гармоничное слияние данных, учитывая их разнообразие. Это включает в себя создание универсальных интерфейсов, стандартов обмена данными и методов сопоставления информации из различных источников.

Эффективная интеграция данных не только улучшает доступность информации, но и создает основу для цельного и надежного анализа. Это позволяет управленческому персоналу принимать обоснованные решения на основе полного спектра данных, что, в свою очередь, повышает эффективность бизнес-процессов и стратегическое планирование предприятия.

3. Безопасность данных

С увеличением объемов данных их значимость для предприятий становится все более высокой. Одновременно с этим возрастает критическое значение вопросов безопасности данных и защиты от возможных утечек. В условиях цифровой среды, где данные

представляют собой один из ключевых активов, обеспечение их конфиденциальности и целостности становится первостепенной задачей.

В этом контексте развитие средств шифрования играет важную роль. Технологии шифрования позволяют защитить данные путем преобразования их в непонятный для посторонних вид. Это существенно снижает риск несанкционированного доступа и утечек информации. Применение механизмов контроля доступа также является ключевым компонентом в обеспечении безопасности данных. Он предоставляет возможность управлять, кто и в какой степени имеет доступ к конкретным данным.

Помимо этого, постоянное развитие других технологий безопасности данных, таких как аутентификация, мониторинг активности пользователей и систем аудита, способствует созданию комплексных мер для обеспечения безопасности информации. Интеграция современных систем обнаружения угроз и предотвращения инцидентов также становится неотъемлемой частью стратегии защиты данных.

Все эти технологии в совокупности создают надежный барьер для защиты данных от угроз виртуального мира. Эффективная система кибербезопасности не только обеспечивает сохранность информации, но и влияет на доверие клиентов и партнеров к предприятию, что является важным фактором в современном бизнес-окружении.

4. Анализ данных и машинное обучение

Также с увеличением объемов информации появляется необходимость проведения более глубокого анализа данных для выявления трендов и паттернов. Соответственно, развиваются алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, направленные на более точный анализ больших объемов данных. Эти технологии становятся ключевыми инструментами для прогнозирования спроса, оптимизации производственных процессов, управления запасами и принятия управленческих решений [4].

Развитие алгоритмов машинного обучения позволяет автоматизировать процессы анализа, выявлять скрытые закономерности и предсказывать будущие события. Искусственный интеллект, в свою очередь, способен адаптироваться к изменениям в данных и быстро принимать решения на основе полученной информации.

Актуальным направлением становится также развитие технологий аналитики в реальном времени. Они обеспечивают оперативное принятие управленческих решений на основе актуальных данных, что крайне важно в быстро меняющейся бизнес-среде. Возможность

моментального анализа данных позволяет реагировать на изменения в реальном времени, что способствует более гибкому и эффективному управлению предприятием.

Таким образом, развитие алгоритмов машинного обучения, искусственного интеллекта и технологий аналитики в реальном времени становится неотъемлемой частью стратегии предприятий, стремящихся максимально эффективно использовать огромные объемы данных в своей деятельности.

5. Оптимизация производственных процессов

Проблема оптимизации производственных процессов на основе данных для улучшения эффективности и снижения издержек стимулирует развитие технологий аналитики. Современные аналитические инструменты становятся не только средством анализа, но и мощным инструментом предоставления рекомендаций по оптимизации производственных операций.

Использование данных для оптимизации производственных процессов требует глубокого анализа множества параметров, включая производственную мощность, сроки поставок, расходы на материалы и трудовые ресурсы. Технологии аналитики больших данных позволяют не только выявлять проблемные зоны и узкие места в процессах, но и предоставлять рекомендации по их оптимизации.

Эффективные аналитические инструменты позволяют выявлять оптимальные пути производства, снижать временные и финансовые затраты, а также повышать качество конечной продукции. Рекомендации, полученные на основе данных, позволяют предприятиям быстро реагировать на изменения в производственных условиях и принимать обоснованные управленческие решения.

Таким образом, развитие технологий аналитики в сфере оптимизации производственных процессов является ключевым фактором для повышения эффективности предприятий и снижения издержек, что способствует их конкурентоспособности в современной динамичной бизнес-среде.

6. Обучение персонала

Не всегда предприятия могут обеспечить себя квалифицированными специалистами, способными эффективно работать с технологиями аналитики больших данных [3]. Этот дефицит кадров создает необходимость в активном развитии образовательных программ и тренингов для персонала, с целью повышения их компетенций в области использования современных аналитических инструментов.

Образовательные программы могут включать в себя как базовые, так и специализированные курсы по аналитике больших данных, машинному обучению, искусственному интеллекту и другим смежным областям. Это позволит персоналу усвоить необходимые навыки и знания для эффективного использования технологий аналитики в рабочих процессах.

Тренинги, ориентированные на практическое применение инструментов аналитики больших данных, также являются важной составляющей образовательного процесса. Реальные кейсы из сферы машиностроения могут быть включены в учебные программы, что позволит сотрудникам применять полученные знания на практике и решать конкретные задачи своего предприятия.

Такой подход к обучению создает возможность для предприятий не только заполнить имеющийся дефицит квалифицированных кадров, но и развивать внутренний потенциал своих сотрудников, делая их более конкурентоспособными в сфере использования аналитики больших данных.

7. Интеграция Интернета вещей (IoT)

Все больше компаний внедряют технологию интернета вещей (IoT), и рост числа устройств IoT на предприятии требует эффективной интеграции и анализа данных. В связи с этим возникает необходимость в развитии технологий для сбора, обработки и анализа данных, поступающих от устройств IoT.

С увеличением количества устройств IoT расширяется объем данных, генерируемых этими устройствами. Это включает в себя информацию о состоянии оборудования, окружающей среде, производственных процессах и других аспектах деятельности предприятия. Для полноценного использования потенциала данных IoT необходимы передовые технологии для их сбора и анализа.

Развитие средств сбора данных с устройств IoT включает в себя создание эффективных сенсоров, а также систем передачи и хранения информации. Кроме того, технологии обработки данных, такие как облачные вычисления и аналитика больших данных, становятся неотъемлемой частью инфраструктуры предприятий, использующих IoT.

Одним из ключевых направлений развития становится алгоритмическая обработка данных IoT. Это включает в себя создание интеллектуальных алгоритмов, способных выявлять паттерны, прогнозировать события и предоставлять ценные инсайты на основе данных, собранных от устройств IoT.

Развитие технологий для сбора, обработки и анализа данных IoT становится приоритетным направлением в условиях растущего внедрения интернета вещей на предприятиях. Адаптация к новым вызовам в области управления данными IoT позволит предприятиям эффективно использовать потенциал этой технологии для оптимизации бизнес-процессов и принятия обоснованных управленческих решений.

Заключение

В заключение, организации сталкиваются как с проблемами, так и с многообещающими направлениями развития в области аналитики больших данных для управленческого принятия решений. Решая эти проблемы и внедряя инновационные технологии, компании могут не только оптимизировать свои операции, но и получить конкурентное преимущество в стремительно меняющемся цифровом мире.

Список литературы

1. Макаrchук Т.А., Барабанова М.И., Газуль С.М. и др. Информационные системы и цифровые технологии. Учебное пособие-практикум в 2-х частях / Том Часть 2. - Санкт-Петербург, Изд-во СПбГЭУ, 2021. - 217 с.
2. Трофимов В.В., Минаков В.Ф., Трофимова Л.А. и др. Сквозные технологии в цифровых экосистемах. Монография. - Санкт-Петербург, Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 171 с.
3. Борисов, В. В. Анализ данных: востребованность, необходимые навыки / В. В. Борисов // Матрица научного познания. – 2023. – № 1-1. – С. 32-38.
4. Бочкова, Е. В. VI-система и её роль в оптимизации бизнес-процессов предприятия на основе совершенствования логистики / Е. В. Бочкова, Е. А. Авдеева, С. М. Геворкян // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 11(124). – С. 930-933.
5. Пудеян, Л. О. Применение инструментов моделирования и анализа больших данных в управлении бизнес-процессами / Л. О. Пудеян, Е. Н. Запорожцева, Т. К. Медведская // Вестник Академии знаний. – 2022. – № 53(6). – С. 229-232.

Автоматизация разработки технологических приспособлений с использованием UG Open API

А. О. Леухин, email: leukhin85@yandex.ru

И. В. Власов, email: pwvoa19@gmail.com

М. И. Чижов, email: mihailc@list.ru

«Воронежский государственный технический университет»

***Аннотация.** Кастомизация системы тяжелого класса Siemens NX, разработка алгоритма автоматизации и повышения производительности при создании приспособлений внутри системы.*

***Ключевые слова:** САПР, системный продукт, алгоритм.*

Введение

Системы автоматизированного проектирования широко применяются в различных отраслях, включая машиностроение, электронику, архитектуру и строительство, а также в картографии и геоинформационных системах. Системы тяжелого класса обеспечивают весь цикл создания изделия от концептуальной идеи до реализации, предназначены для автоматизированного проектирования, изготовления и расчетов изделий. Основная задача данных систем в конечном итоге состоит в сокращении стоимости создания изделия, улучшении его качества и сокращении сроков выхода на рынок.

В связи с уходом западных производителей программного обеспечения с российского рынка и прекращении поддержки выпущенной ими продукции, стало невозможным обновление данного ПО. Вместе с этим, в эксплуатации находится огромное количество систем тяжелого класса зарубежного производства, и интеллектуальная собственность, созданная с их помощью, по стоимости составляет значительные суммы. Поэтому, несмотря на проводимую политику импортозамещения, нецелесообразно эту собственность прекращать использовать. Поэтому готовые проекты доводятся до промышленного использования. И, здесь на передний план выходит кастомизация этих программных продуктов, особенно в части автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Таким образом, проведение работ по созданию подсистем автоматизации создания технологической оснастки в имеющихся САПР является актуальным.

1. Разработка алгоритма создания приспособлений

Разработанный программный продукт имеет схожий принцип работы с приложениями, находящимися в базовом инструментарии Siemens NX, и является подключаемым модулем. Главное окно с выбором вариантов исполнения сборочных элементов вызывается путем нажатия на кнопку, интегрированную в интерфейс системы автоматизированного проектирования. Ознакомившись с таблицей, содержащей краткое описание характерных черт различных типов изделий, и выбрав подходящий вариант, пользователь запускает процесс построения. Алгоритм действий со стороны пользователя изображен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм действий пользователя

Графический интерфейс разработанного программного продукта исключает нежелательные сценарии действий пользователя, что позволяет избежать ошибок в ходе проектирования изделия.

2. Разработка системного продукта

Создание программного продукта выполнялось в Microsoft Visual Studio 2017. Для разработки требуется подключить библиотеки NXOpen, NXOpenUI, NXOpen.UF, NXOpen.Utilities, которые предоставляют методы для работы с объектами, классы, функции, при помощи которых на языке программирования C# происходит взаимодействие с Siemens NX. Построения, выполняемые в ходе проектирования изделия, помещаются в корневой сборочный элемент, при создании которого следует указать его имя, ссылку на объект и единицы измерения.

Создание корневого элемента сборки

```

Tag UFPart;
string part_name = "Domkrat";
int units = 1;
theUFSession.Part.New(part_name, units, out UFPart);

```

Для работы с компонентами сборки надо выполнить аналогичные действия, а затем переключится на рабочий вид детали.

Объявление компонента сборки

```

Tag korpus;
string korpus_name = "1.Korpus";
theUFSession.Part.New(korpus_name, units, out korpus);
theUFSession.Part.SetDisplayPart(korpus);

```

На примере создания одного из сборочных элементов рассмотрим реализацию операций, осуществляемых в ходе проектирования оснастки. Для повышения читабельности кода была создана функция, выполняющая построение эскиза окружности на плоскости XOY, которая получает на вход координаты центра окружности, начальный и конечный углы дуги, радиус окружности.

Функция создания эскиза окружности

```

Tag CreateArc(double centerX, double centerY, double centerZ,
double startAngle, double endAngle, double radius)
{
UFCurve.Arc arc = new UFCurve.Arc();
arc.start_angle = startAngle;
arc.end_angle = endAngle;
arc.arc_center = new double[3] { centerX, centerY, centerZ };
arc.radius = radius;
Tag wcs_tag;
theUFSession.Csys.AskWcs(out wcs_tag);
Tag matrix_tag;
theUFSession.Csys.AskMatrixOfObject(wcs_tag, out matrix_tag);
arc.matrix_tag = matrix_tag;
Tag obj;
theUFSession.Curve.CreateArc(ref arc, out obj);
return obj;}

```

Данная функция в сочетании с операцией вытягивания позволяет строить тела цилиндрической формы. Программная реализация создания цилиндра высотой 22, находящегося в начале координат и вытянутого вдоль оси Z, описана в листинге 4.

Создание цилиндрического тела

```
double[] point1 = new double[3];
double[] Ext1_dir = { 0, 0, 1 };
string[] Ext1_lim = { "0", "22" };
Tag firstCircle = CreateArc(0, 0, 0, 0, 3.14 * 2, 93);
Tag[] CirclesArray_forKorpus = new Tag[] { firstCircle};
theUFSession.Modl.CreateExtruded(CirclesArray_forKorpus, "0",
Ext1_lim, point1, Ext1_dir, FeatureSigns.Nullsign, out Tag[]
Ext1);
```

Результатом выполнения операции вытягивания служит ссылка на тело, к которому мы можем обращаться при помощи переменной Ext1 для получения нужной формы. Операция создания фаски принимает несколько аргументов: тип фаски, смещение, угол, грань и возвращает ссылку на тело (Листинг 5).

Нанесение фаски

```
Tag feat = Ext1[0];
Tag bodyTag;
Tag[] edgeArray;
int edgeCount;
theUFSession.Modl.AskFeatBody(feat, out bodyTag);
theUFSession.Modl.AskBodyEdges(bodyTag, out edgeArray);
theUFSession.Modl.AskListCount(edgeArray, out edgeCount);
string offset = "3";
string ang = "45";
Tag edgeToChamfer = edgeArray[4];
Tag[] edgesToChamfer = new Tag[] { edgeToChamfer };
theUFSession.Modl.CreateChamfer(3, offset, offset, ang,
edgesToChamfer, out Tag features);
```

Для создания эскиза отрезка была создана функция, принимающая на вход координаты точки, начала и конца отрезка (Листинг 6).

Функция создания эскиза отрезка

```
void CreateLine(double[] startPoint, double[] endPoint, out
Tag line)
{
UFCurve.Line line_coords = new UFCurve.Line();
line_coords.start_point = startPoint;
line_coords.end_point = endPoint;
theUFSession.Curve.CreateLine(ref line_coords, out line);
}
```

Операция выреза вращением требует задания эскиза вращаемого элемента, оси вращения, начальной точки и диапазона. В листинге 7

эскизы отрезков формируют замкнутый контур, который мы вращаем на 360 градусов и получаем вырез в теле детали.

Листинг 7

Вращение замкнутого контура для создания выреза на теле

```
CreateLine(new double[] { 0, 25, 127.00 }, new double[] { 0,
28.5, 127.00 }, out Tag line4);
CreateLine(new double[] { 0, 28.5, 127.00 }, new double[] { 0,
25, 125.00 }, out Tag line5);
CreateLine(new double[] { 0, 25, 125.00 }, new double[] { 0,
25, 127.00 }, out Tag line6);
Tag[] revShtiftLines = new Tag[] { line4, line5, line6 };
double[] direction1 = { 0.00, 0.00, 1.00 };
double[] ref_pt1 = { 0.00, 25.00, 127.00 };
string[] limit1 = { "0", "360" };
theUFSession.Modl.CreateRevolved(revShtiftLines, limit1,
ref_pt1, direction, FeatureSigns.Negative, out Tag[]
features1);
```

По завершении построений в отдельном компоненте сборки, следует переключиться обратно на корневой элемент, а затем добавить выполненные построения в сборку, указав название компонента, его положение и ориентацию (Листинг 8).

Листинг 8

Добавление компонента в сборку

```
theUFSession.Part.SetDisplayPart(UFPart);
double[] origin = { 0, 0, 0 };
double[] matrix = { 1, 0, 0, 0, 1, 0 };
Tag instance;
UFPart.LoadStatus error_status;
theUFSession.Assem.AddPartToAssembly(UFPart, korpus_name,
null, null, origin, matrix, 0, out instance, out
error_status);
```

Описанные выше фрагменты кода используются в ходе проектирования всего изделия для получения различных форм деталей. Итогом построений является сборка, выполненная в абсолютной системе координат. Для реализации функционала выбора вариантов исполнения изделий подключим WindowsForms в проект и объявим переменную, значение из которой будет меняться при помощи обработчика событий нажатия на строку dataGridView (Листинг 9).

Листинг 9

Обработчик события при нажатии на строку таблицы

```
if (e.RowIndex >= 0)
{
DataGridViewRow row = this.dataGridView1.Rows[e.RowIndex];
```

```

Program.numVariantDetails = e.RowIndex;
}

```

В зависимости от варианта, выбранного пользователем, будут выполняться фрагменты кода, обернутые в условные операторы. После создания всех компонентов сборки и включения их в корневой сборочный элемент, собираем проект и получаем динамически подключаемую библиотеку. Базовый вариант изделия, спроектированный посредством запуска интегрированного программного средства в Siemens NX изображен на рис. 2.

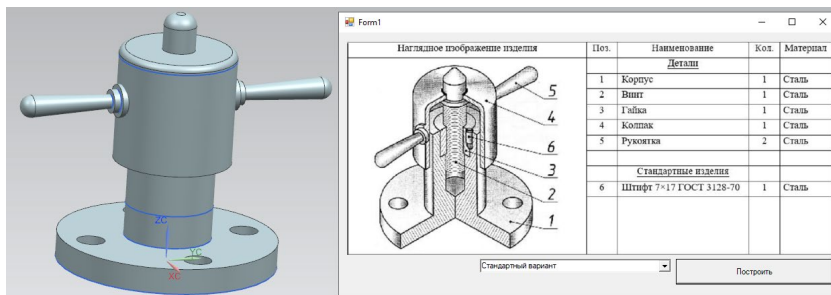


Рис. 2. Проектирование базового варианта изделия

Внесем изменения в интерфейс программного продукта, сделав его более наглядным и понятным. Для этого, вместо выпадающего списка разместим в окне программы таблицу с кратким описанием вариантов изделия. Помимо этого, подключим к таблице функционал, описанный в листинге 9. На рис. 3 изображен итоговый вид программы, а также проектирование одного из вариантов домкрата, предназначенного для подъема тел цилиндрической формы.

3. Тестирование продукта

На этапе разработки системного продукта были выявлены проблемы с производительностью на слабых ПК и утечками памяти. Оптимизировать работу программы удалось добавлением метода Dispose() в блоке, являющемся точкой входа в приложение. Данный метод важен при работе с .NET приложениями, поскольку он позволяет освободить неуправляемые ресурсы. Помимо этого, в ходе написания кода была выявлена ошибка, останавливающая построения, которая возникает при обращении к несуществующей грани в момент создания фаски на теле. Для обработки нежелательного сценария был добавлен условный оператор, который будет осуществлять проверку на наличие указанного индекса в массиве граней. В случае отсутствия указанной

границ построения продолжатся, а пользователю выведется уведомление о наличии ошибки в операции создания фаски.

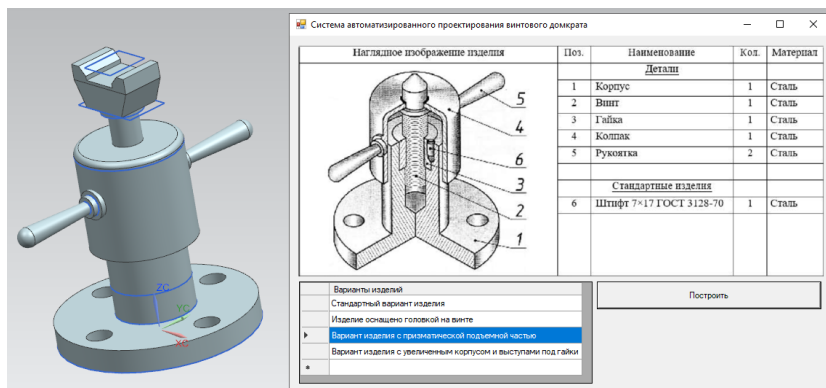


Рис. 3. Итоговый вид программного продукта

Заключение

Для системы тяжелого класса Siemens NX, разработан алгоритм создания приспособлений, создан программный продукт, проведено тестирование. В демонстративной версии программного продукта было выполнено проектирование винтового домкрата.

Кастомизация систем тяжелого класса позволяет повысить производительность и уменьшить время работы при проектировании различных изделий.

Список литературы

1. Машиностроительное черчение: Учебник для студентов машиностроительных и приборостроительных специальностей вузов / Г. П. Вяткин, А. Н. Андреева и др.; под ред. канд. техн. Наук проф. Г.П.Вяткина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.Машиностроение,1985.- - 368 с., ил.
2. Бабулин Н.А. «Построение и чтение машиностроительных чертежей». 7-е изд. М.: Высшая школа, 1982. 324 с.
3. Э.Т. Романычева, А.К. Иванов, А. С. Куликов и др. «Инженерная и компьютерная графика» -М.:Высшая школа, 1996.
4. А. И. Лагерь «Инженерная графика» - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2006.
5. Боргоньен Рубен «Учимся 3D-моделированию вместе с NX» Под ред. Мовчан Д.А. ДМК-Пресс, 2012. 492 с.

Прикладное значение автоматизации документации и технологий параллельного проектирования

М. И. Макарова, e-mail: mmakarova652@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. Краткий анализ средств автоматизации документации и технологий параллельного проектирования в САПР и цифровых технологиях с выделением положительных сторон.

Ключевые слова: САПР, автоматизация оформления, параллельное проектирование.

Введение

В современности использование цифровых технологий и САПР становится все более распространенным в образовании и индустрии. Эти технологии играют важную роль в развитии компьютерных наук и информационных технологий. Мы рассмотрим различные применения САПР и цифровых технологий в образовании и их воздействие на процесс принятия решений, автоматизацию документации и стратегическое проектирование. Также мы рассмотрим методы параллельного проектирования, унификации проектных решений и оптимизации.

1. Автоматизация документации и информационная поддержка

Автоматизация оформления документации позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на создание и подготовку необходимых документов. В зависимости от задачи, автоматизация может быть реализована с помощью специализированных программных продуктов или с использованием встроенных средств в САПР. Например, при создании проектной документации в САПР может быть заранее настроен шаблон документа, куда автоматически вставляются данные из проекта. Это значительно упрощает и ускоряет процесс подготовки документов, а также снижает возможность ошибок при их создании.

Одним из основных направлений в области автоматизации оформления документации является цифровизация. Переход от бумажных носителей к электронному документообороту позволяет значительно упростить и ускорить процесс оформления различных типов документов. Системы автоматизации оформления документации, такие как САПР (системы автоматизированного проектирования) и

электронные документообороты, позволяют не только сохранить документы в электронном виде, но и обеспечить их безопасность и доступность.

Автоматизация оформления документации имеет множество преимуществ, особенно в контексте компьютерных наук. Первое и наиболее значимое преимущество состоит в увеличении производительности работы, так как процессы оформления и хранения документов становятся более эффективными и быстрыми. Кроме того, цифровые технологии предоставляют возможность автоматической обработки и анализа документов, что улучшает точность и качество информации.

Примеры современных подходов к автоматизации оформления документации:

САПР для автоматизации проектирования. Одним из важных инструментов в сфере автоматизации оформления документации является САПР, система автоматизированного проектирования. Применение САПР позволяет существенно сократить время и ресурсы, требуемые для создания различных видов проектной документации. Современные САПР предоставляют обширный функционал, позволяя проектировщикам работать с 3D-моделями, выполнять автоматическую проверку на ошибки и создавать сопутствующую документацию.

Электронные документообороты. Электронные документообороты представляют собой комплексную систему, позволяющую организовать обмен и управление документацией в электронном формате. Такая система упрощает процессы создания, отправки, рассмотрения и хранения документов, а также обеспечивает возможность совместной работы над документами. Электронные документообороты значительно повышают эффективность коммуникации и сокращают время на выполнение административных процедур и выполнение бизнес-процессов. Кроме того, такие системы обеспечивают защиту документов, контроль доступа и историю изменений, что делает их надежным инструментом для работы с оформлением документации.

Использование цифровых подписей. Цифровые подписи являются важным элементом в автоматизации оформления документации. Они обеспечивают подлинность и неподдельность электронных документов, что особенно важно при оформлении заключений, договоров, отчетности и других документов, требующих правовой силы. Использование цифровых подписей позволяет убедиться в подлинности документов, их неприкосновенности и целостности в процессе передачи и хранения.

Одним из основных примеров современных подходов к автоматизации оформления документации является возможность автоматической генерации чертежей и спецификаций на основе 3D-моделей. Этот подход позволяет значительно ускорить процесс создания документации, избежать ошибок при ручном переносе данных и обеспечить согласованность между различными видами документов. Еще один важный пример - интеграция облачных технологий для автоматического совместного редактирования и обмена документацией. Это позволяет участникам команды работать с документацией одновременно, из любой точки мира, обеспечивая быструю передачу информации и улучшая коммуникацию внутри проектной группы. Также важным современным подходом является развитие специализированных систем информационной поддержки, позволяющих автоматически генерировать техническую документацию, обеспечивать быстрый доступ к необходимой информации по различным проектам и актуализировать документацию в режиме реального времени.

2. Технологии параллельного проектирования в САПР и цифровых технологиях

Одним из ключевых и перспективных направлений в области САПР является технология параллельного проектирования. Она позволяет одновременно проектировать различные аспекты системы, распределяя задачи между различными членами команды. В рамках использования САПР и цифровых технологий, параллельное проектирование обладает несколькими преимуществами. Прежде всего, оно сокращает время разработки. Вместо последовательного выполнения каждой задачи, параллельное проектирование позволяет специалистам разделять работу. Например, одни работают над архитектурой, другие над электроникой, а третьи — над программным обеспечением. Это повышает общую производительность и сокращает время, необходимое для завершения проекта. Кроме того, технология параллельного проектирования способствует улучшению качества разработки. Команда специалистов, работающая в своих областях экспертизы, может более глубоко продумывать и анализировать различные компоненты системы. Это позволяет более точно выявлять возможные проблемы и исправлять их на ранних стадиях разработки. Кроме того, это способствует реализации более сложных и инновационных решений, которые могли бы быть недоступными при последовательном проектировании.

Эффективная коммуникация также важна при использовании технологии параллельного проектирования. Внутри команды участники

должны эффективно взаимодействовать друг с другом. Параллельное проектирование стимулирует обмен знаниями и идеями, а также повышает вероятность обнаружения различных путей решения проблемы. Это позволяет команде вдохновлять друг друга и создавать более творческие и инновационные решения.

Тем не менее, технология параллельного проектирования также представляет определенные вызовы. Необходимо эффективно координировать работу команды и контролировать ее, чтобы гарантировать выполнение поставленных задач и соблюдение сроков. Также требуется надежная система обмена информацией, которая позволит участникам команды работать с актуальными материалами и избежать возможных ошибок из-за несоответствия данных.

Заключение

Комбинирование автоматизации оформления документации и технологий параллельного проектирования позволяет существенно повысить эффективность и скорость работы инженеров. При использовании САПР, специализированные программные средства позволяют одновременно генерировать документацию и обрабатывать проект на различных этапах, что позволяет сократить время на создание и утверждение документов. Более того, автоматизация оформления документации позволяет избежать ошибок при её создании и обновлении. Важность автоматизации оформления документации и применения технологий параллельного проектирования в системе автоматизированного проектирования не может быть недооценена. Они значительно повышают эффективность и скорость работы инженеров, сокращая время на оформление документации и разработку проектов.

Комбинация этих подходов открывает новые возможности для инноваций в инженерных отраслях и улучшает качество проектирования. Однако, необходимо уделить внимание координации работы и обмену информацией между участниками команды, чтобы гарантировать эффективность использования этих технологий. Развитие и применение автоматизации оформления документации и технологий параллельного проектирования в САПР является ключевым фактором для современного инжиниринга и обеспечивает инженерам необходимые инструменты для эффективной и инновационной работы.

Список литературы

1. Научный журнал «Успехи современного естествознания», статья «отечественные и зарубежные CAD/CAM системы» / Селяков М. Ю.

2. «Параллельное проектирование средствами cae/cad/cam в жизненном цикле изделий машиностроения» Текст научной статьи по специальности «Механика и машиностроение». Автор: Л. А. Кашуба

3. Журнал «CAD/CAM/CAE-обозрение». статья «Параллельное проектирование в средах AutoCAD». Авторы: Попов А.А., Смирнов Д.С.

Внедрение технологий больших данных и аналитических инструментов в современные системы, поддерживающие процесс принятия решений

Минаков А. В. , e-mail: andrey.minakov.2000@list.ru

Пушкарев Д. И., e-mail: sunkerus@gmail.com

Пискунович В. А., e-mail: v.piskunovich@mail.ru

Ромашко В. Д., e-mail: Romashkovladfifa@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

***Аннотация.** Внедрение технологий Больших Данных и аналитических инструментов в современные системы, поддерживающие процесс принятия решений, играет ключевую роль в улучшении бизнес-операций и усилении конкурентных преимуществ компаний. Эта статья выделяет важность применения передовых методов в сборе, обработке и анализе данных для стратегического управления и базирования решений на достоверной информации. Особое внимание уделяется роли аналитики в управленческих процессах, демонстрируя, как использование Больших Данных помогает выявлять ключевую информацию, предсказывать тренды рынка и реорганизовывать бизнес-процессы. Рассматриваются практические примеры успешных компаний, внедривших Большие Данные и аналитические технологии в своей работе. Обсуждаются потенциальные технические и управленческие сложности, связанные с интеграцией Больших Данных, и подчеркивается необходимость грамотного подбора инструментов для эффективной интеграции данных.*

***Ключевые слова:** большие данные, аналитические инструменты, системы поддержки принятия решений, улучшение бизнес-процессов и стратегическое планирование.*

Анализируя интеграцию Больших Данных и аналитических методов в системы принятия решений, выступление президента России на саммите БРИКС 2023 года выявляет стратегические ориентиры страны. Путин В.В. подчеркнул необходимость перехода к управлению, основанному на анализе Больших Данных, в ключевых секторах экономики. Такой подход находится в гармонии с глобальными тенденциями и практиками, подтверждая актуальность данного исследования. Президент также отметил важность создания автономных

технологических цепочек и поддержки международных партнерств для дальнейших исследований в этом направлении. Цель статьи - критический анализ текущего состояния интеграции Больших Данных и аналитических возможностей, с выделением ключевых проблем и предложением решений, основанных на мировом опыте и научных исследованиях. Научный анализ этих проблем станет основой для дальнейшего развития методологии обработки и использования Больших Данных в контексте государственного управления и бизнеса.

"Массивные данные", охватывающие как структурированную, так и неструктурированную информацию, требуют сложных подходов к обработке для выявления аналитической, статистической и прогностической ценности, ключевой для принятия решений. Термин "массивные данные" был впервые предложен Клиффордом Линчем, редактором "Nature", в 2008 году, акцентируя внимание на быстром росте объемов глобальной информации. Линч определял "массивные данные" как информационные наборы, превышающие 150 Гб в день, хотя сегодня четкие стандарты для этого термина не установлены. В современных системах поддержания решений особое внимание уделяется непрерывному мониторингу и онлайн-обработке данных, открывающему новые инновационные возможности для организаций. Применение технологий "массивных данных" позволяет компаниям в реальном времени выявлять аномалии, вроде системных сбоев или мошеннических действий, что важно для защиты финансовой и конфиденциальной информации. Оперативная аналитика этих данных способствует разработке и модификации стратегий, улучшая понимание рыночных тенденций и клиентских предпочтений, что, в свою очередь, повышает конкурентоспособность компаний.

Несмотря на преимущества "массивных данных", критично важна их грамотная обработка и анализ. Ключевым элементом является способность выделять ценные данные для обоснованных решений и стратегий. Рост объемов и разнообразия данных требует их интеграции и эффективного управления. Организации, успешно внедрившие интеграцию "массивных данных" и аналитических инструментов, достигают преимуществ в конкуренции за счет улучшения процессов принятия решений и оптимизации бизнес-процессов. Однако успешное использование "массивных данных" и аналитики требует учета как технических, так и организационных аспектов.

Для успешного управления и анализа больших объемов данных требуются мощные вычислительные системы, продвинутые алгоритмы обработки и квалифицированные специалисты, обладающие навыками для извлечения полезной информации. В России наблюдается заметное

отставание в разработке и применении технологий больших данных по сравнению с мировыми уровнями, особенно в секторах, связанных с интегрированными геоинформационными системами и межведомственным электронным взаимодействием. Ограниченный доступ к передовым научным методикам усугубляет эту проблему, создавая дисбаланс между доступными ресурсами и их использованием в эффективных программных и телекоммуникационных платформах.

Требуется глубокое переосмысление стратегий в области разработки и внедрения систем обработки больших данных в России для соответствия международным стандартам. Активное развитие ГИС и механизмов межведомственного обмена данными может значительно повысить эффективность государственного управления. Недостаток научно-методической базы, обеспечивающей согласованность данных в различных электронных правительственных системах, остается критической проблемой. Создание универсальной методологии позволит унифицировать подходы к анализу данных, улучшая качество управленческих решений и усиливая взаимодействие между государственными органами.

Акцентируется внимание на инвестициях в модернизацию инфраструктуры для работы с объемными данными. Приоритетом является разработка передовых программных решений и совершенствование информационно-коммуникационных систем для эффективного анализа данных. Это критически важно для полного использования возможностей больших данных на всех уровнях государственного управления. Сочетание аналитических техник с процессами обработки больших данных является ключом к успешному использованию информации в принятии взвешенных решений. Это взаимодействие позволяет организациям извлекать значимую информацию из массивных данных и применять ее для совершенствования бизнес-процедур.

Многообразие подходов к обработке больших данных включает в себя распределенное хранение данных, пакетную и реальную обработку, машинное обучение, текстовую аналитику, обработку естественного языка, анализ изображений и видео, использование облачных технологий, интернета вещей и графовых баз данных. Графовые базы данных занимают особое место в информационных системах, особенно при анализе сложных взаимосвязей данных и взаимодействий в масштабных интернет-платформах. Они предлагают эффективный инструмент для анализа и визуализации сложных данных, где узлы представляют объекты, а ребра - связи между ними. Это идеально подходит для моделирования сложных сетевых структур, таких как

социальные сети, транспортные системы и пользовательские взаимодействия.

Кроме того, важно подчеркнуть роль интеграции и синергии различных технологий в процессе обработки данных. Например, объединение мощностей машинного обучения с возможностями облачных технологий и интернета вещей открывает новые горизонты в анализе данных. Это позволяет организациям не только собирать и анализировать данные, но и прогнозировать будущие тенденции, оптимизируя таким образом свою деятельность и повышая конкурентоспособность.

Таким образом, эффективное управление большими данными и их аналитика становятся неотъемлемой частью стратегии развития современных организаций, обеспечивая им преимущество в динамично меняющемся мире.

Активное внедрение и финансирование обновления инфраструктуры для управления масштабными данными является приоритетным направлением. Необходимо сосредоточить усилия на создании новейших программных продуктов и инфраструктуры информационно-коммуникационных технологий, что обеспечит эффективность в обработке и анализе данных. Это ключ к полному использованию возможностей больших данных, особенно в аспектах государственного регулирования на всех уровнях. Слияние аналитических функций с процедурами сбора и обработки масштабных данных играет важнейшую роль в рациональном использовании информационных ресурсов для разработки взвешенных управленческих решений. Комбинирование этих двух элементов позволяет компаниям извлекать значимые сведения из больших объемов данных, что способствует усовершенствованию бизнес-процедур.

Различные технологии обработки и хранения больших данных, включая распределенные системы хранения, обработку данных в реальном времени и пакетную обработку, алгоритмы машинного обучения, текстовую аналитику, обработку естественного языка, анализ изображений и видео, облачные вычисления, интернет вещей и графовые базы данных, играют ключевую роль в информационных системах. Графовые базы данных, особенно ценные при анализе сложных динамических связей и взаимодействий на масштабных интернет-платформах, предоставляют эффективные инструменты для анализа сложных структур данных. Графовые базы данных уникальны визуализацией и анализом сложных взаимосвязей, где узлы представляют различные объекты или сущности, а ребра - связи между ними.

Интеграция графовых баз данных в корпоративные информационные системы значительно усиливает конкурентоспособность организаций. Такой формат особенно подходит для моделирования комплексных сетевых структур, включая социальные сети, транспортные схемы, пользовательские взаимодействия и другие системы.

Применение новейших методов обработки данных в сочетании с большими данными и аналитическими инструментами в системах поддержки решений позволяет организациям оптимально использовать информационные ресурсы для разработки стратегических решений. Эти методы обеспечивают доступ к широкому спектру источников данных, включая внутренние базы данных, социальные сети, веб-ресурсы, а также сенсоры и устройства в рамках интернета вещей, расширяя аналитические возможности и обогащая понимание бизнес-процессов. Кроме того, они гарантируют быструю и эффективную обработку больших объемов данных, применяя передовые технологии распределенных вычислений, облачных систем, машинного обучения и искусственного интеллекта для выявления скрытых шаблонов и создания прогностических моделей.

Важным аспектом является сочетание аналитических инструментов с процессами обработки данных. Современная аналитика позволяет переводить большие объемы данных в практически значимые выводы. Инструменты интерактивной визуализации и отчетности обеспечивают наглядность и удобство в анализе данных. Аналитические решения играют ключевую роль в системе принятия решений, обеспечивая точные прогнозы и стратегическое планирование, что способствует оптимизации бизнес-процессов и укреплению их эффективности.

Таким образом, эффективное управление и анализ больших данных становится критически важным для успеха современных организаций, позволяя им не только адаптироваться к текущим трендам, но и активно формировать будущее своего бизнеса.

Применение аналитических подходов в процессе принятия решений, основанных на достоверных данных, способствует снижению рисков и увеличению шансов на успешное внедрение стратегий. Это обеспечивает руководителям компаний глубокое понимание рыночных условий и потребностей клиентов, что важно для создания продуктов и услуг, отвечающих современным требованиям потребителей. Реализация систем поддержки принятия решений, базирующихся на анализе больших данных, предоставляет организациям инструментарий для улучшения бизнес-процессов и укрепления позиций на рынке. Аналитическая обработка информации выявляет скрытые тенденции и

закономерности, позволяя более полно понять бизнес-активность и ее контекст. Основной акцент здесь - на повышении эффективности бизнес-операций. Использование больших данных в сочетании с аналитическими инструментами позволяет быстро реагировать на изменения в рыночных и внутренних условиях. Регулярный анализ данных и оценка текущей ситуации обеспечивают своевременную адаптацию к новым обстоятельствам, гарантируя гибкость и успешную деятельность компании в динамичной деловой среде. Тем не менее, интеграция больших данных в современные системы поддержки решений сталкивается с разнообразными техническими и организационными препятствиями, требующими внимательного рассмотрения и преодоления для эффективного функционирования. На сегодняшний день в России многие лидирующие организации и компании активно работают над созданием цифровой экономики, успешно внедряя возможности, предоставляемые большими данными и аналитикой.

Компании, такие как «Яндекс», Mail.Ru Group, Rambler & Co, «Ростех», «Росатом», Сбербанк, «Ростелеком», а также фонд «Сколково» и Агентство стратегических инициатив, занимают лидирующие позиции в программе развития цифровой экономики. Главная задача этой программы - поддержка стартапов, малого и среднего бизнеса, активно занимающихся внедрением цифровых технологий. Эти предприятия являются ключевыми игроками во внедрении инновационных цифровых решений, внося значительный вклад в развитие отрасли.

Создание благоприятных условий для доступности и качества цифровых технологий в различных сферах жизни общества становится важным аспектом. Это охватывает развитие широкополосного доступа в интернет, внедрение облачных технологий и создание цифровых платформ и сервисов, доступных всем категориям пользователей. В современном мире эффективное управление и анализ больших данных становятся важными задачами во многих отраслях промышленности и научных исследованиях. Стремительное развитие инструментов и платформ, направленных на улучшение этих процессов, усиливает эту потребность.

Интеграция больших данных и аналитических инструментов становится ключевым элементом в современных системах поддержки принятия решений. Грамотный подход и преодоление технических и организационных препятствий позволяют значительно повысить эффективность и улучшить стратегическое планирование организаций. Аналитика, основанная на достоверных данных, обеспечивает обоснованные решения, предвидение тенденций и успешную адаптацию

к изменениям в быстро развивающемся бизнес-мире. Внедрение больших данных и аналитических возможностей становится неотъемлемой частью успеха для организаций, стремящихся сохранить конкурентоспособность на постоянно изменяющемся рынке.

Список литературы

1. Трофимов В.В., Минаков В.Ф., Трофимова Л.А. и др. Сквозные технологии в цифровых экосистемах. Монография. - Санкт-Петербург, Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 171 с.

2. Бердышева, Ю. А. Цифровая экономика: средства и возможности / Ю. А. Бердышева, Е. А. Жаркова // Вопросы региональной экономики. – 2022. – № 2(51). – С. 43-51.

3. Большие данные: социальные и экономические эффекты / В. А. Малахов, Ю. Е. Хохлов, С. Б. Шапошник, М. А. Юревич // Информационное общество. – 2021. – № 4-5. – С. 132-149.

4. Елизаров, А. М. Система управления и механизмы финансирования работы с большими данными / А. М. Елизаров, В. В. Паджев, Ю. Е. Хохлов // Информационное общество. – 2021. – № 4-5. – С. 53-65.

5. Макачук Т.А., Барабанова М.И., Газуль С.М. и др. Информационные системы и цифровые технологии. Учебное пособие-практикум в 2-х частях / Том Часть 2. - Санкт-Петербург, Изд-во СПбГЭУ, 2021. - 217 с.

6. Усачев, В. А. Анализ методов и программных решений для потоковой обработки больших данных / В. А. Усачев, В. И. Воронов // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования : монография. – Пенза : "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2021. – С. 238-248.

7. Фаткуллин, Р. В. Исследование эффективности использования графовых баз данных для анализа больших данных / Р. В. Фаткуллин, Е. В. Кислицын // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 123-142.

Подсистема проектирования сборочных приспособлений

А. В. Попов, e-mail: a.popov2004@mail.ru
Д. А. Щербиновский, e-mail: sherbinovscky2018@yandex.ru
Н. А. Носонов, e-mail: nikitanosonov93@gmail.com

ФГБОУ ВО "ВГТУ"

***Аннотация.** В статье приведены сведения по проектированию сборочных единиц на примере упоров при кастомизации систем автоматизированного проектирования. Работа включает анализ требований, разработку программных интерфейсов с использованием NX API C++ в Microsoft Visual Studio, и реализацию параметрических моделей в среде систем автоматизированного проектирования.*

***Ключевые слова:** подсистема проектирования упоров, программный интерфейс, Siemens NX, разработка программного кода, принципы разработки шаблона*

Введение

Автоматизированное проектирование изделий в условиях динамично развивающихся технологий требует постоянного совершенствования методов и инструментария для проектирования конструкций. Одним из важных аспектов этого процесса является автоматизация проектирования типовых сборочных единиц при технологической подготовке производства. Импортзамещение программных продуктов не отменяет необходимости кастомизации имеющихся западных продуктов вследствие значительных финансовых затрат, уже имеющихся разработок.

Основное внимание в работе уделено созданию подсистемы проектирования сборочных единиц (на примере проектирования технологических упоров), представляя комплексный подход к их разработке и оптимизации. В связи с невозможностью обновления имеющегося зарубежного ПО, предложены пути кастомизации существующих программных продуктов. Одним из таких вариантов кастомизации является использование NX API C++ в среде Microsoft Visual Studio для разработки программного интерфейса, обеспечивающего эффективное взаимодействие с системами автоматизированного проектирования.

Кастомизация программных продуктов начинается с анализа требований и заканчивается разработкой шаблонов с соблюдением

стандартов и технических требований. Работа также затрагивает вопросы компьютерного моделирования и инженерных расчетов, учитывая их роль в создании надежных и оптимизированных сборочных единиц.

1. Состояние вопроса по теме

На текущий момент, практически, отсутствуют решения в области подсистем проектирования технологических сборочных единиц в среде Siemens NX, в частности, с использованием NX API C++.

Имеющиеся решения не уделяют достаточного внимания принципам разработки шаблонов, что затрудняет автоматизацию технологической подготовки производства изделий. Важным аспектом является также необходимость улучшения методов компьютерного моделирования и инженерных расчетов в контексте проектирования сборочных приспособлений.

Вышесказанное подчеркивает актуальность представленного решения, направленного на разработку более эффективных и инновационных подходов к проектированию технологических сборочных приспособлений.

2. Постановка Цели и Задач Исследования

Цель работы заключается в снижении трудозатрат при технологической подготовке производства. Для достижения этой цели были сформулированы следующие задачи:

- проанализировать существующих методы кастомизации при моделировании технологических приспособлений;
- предложить подходы к проектированию сборочных приспособлений с выявлением их преимуществ и ограничений;
- разработать программный интерфейс, используя NX API C++ в Microsoft Visual Studio, для обеспечения эффективного взаимодействия с системой проектирования;
- протестировать разработанную подсистему проектирования технологических сборочных приспособлений.

3. Описание проделанной работы, решение поставленных задач.

Проанализировав принципы кастомизации с использованием NX Open API было решено объединить следующие подходы: адаптивный подход, смешанный подход для получения максимальной гибкости к изменяющимся требованиям и условиям в процессе цикла работ, а также в комбинации использования типовых и уникальных решений, разработанных специально для данного проекта.

Для работы было принято решение использовать следующие подходы:

- параметрическое моделирование для создания типовых моделей, где размеры, формы и свойства объектов могут управляться переменными. Это позволяет быстро изменять модели и автоматизировать процессы проектирования;
- сборочные процедуры для обеспечения возможности создания и управления сложными сборочными моделями. Это включает проверку стыковки и столкновений, анимацию сборки и функции выносных конструкций.

Проектирование упора в Siemens NX. В ходе разработки программного интерфейса, в Siemens NX 9.0 было смоделировано технологическое сборочное приспособление (рисунок 1).

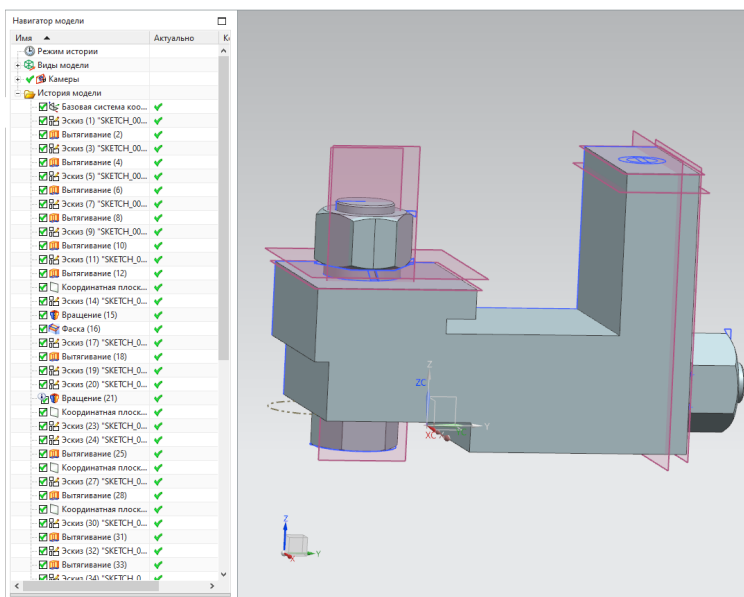


Рис. 1. Результат проектирования сборочного приспособления в Siemens NX

Основной целью создания данной сборочной модели являлось получение геометрических характеристик входящих моделей для расчета параметрических координат и программирования с использованием NX API C++. Это означает, что разработчики смогут

более эффективно создавать код программы, используя данный интерфейс.

При разработке программного кода были использованы основные операции для моделирования трехмерных объектов и действий над ними функциями Open NX. В основе создания каждой детали лежал эскиз, состоящий из линий. Для удобства использования информации о всех геометрических объектах, она хранилась в специально созданных массивах, которые затем применялись в дальнейших операциях. С помощью циклов и функции UF_CURVE_create_line была построена вся геометрия контуров деталей, а затем с помощью функций:

1. выдавливание ((UF_MODL_create_extruded (loop_list_AL1, taper_angle, limit_AL1, ref_pt, direction_AL1, sign_AL, &features)) где:

- первый параметр: loop_list_AL1 перечень объектов выдавливания;
- второй параметр: taper_angle угол конусности в градусах;
- третий параметр: limit_AL1 пределы выдавливания;
- четвертый параметр: double direction_AL1 [3], направление вектора выдавливания;
- пятый параметр: UF_FEATURE_SIGN sign, логические операции при создании тела выдавливания;
- шестой параметр: uf_list_p_t *feature перечень созданных объектов.

2. вращение (UF_MODL_create_revolved (loop_list_AL3, limitSg, pointAL, direction_AL, sign_AL, &features)) где:

- первый параметр: loop_list_AL3 перечень объектов вращения;
- второй параметр: char ** limitSg, пределы вращения в градусах;
- третий параметр: double pointAL [3], точка начала вектора вращения;
- четвертый параметр: double direction_AL [3], направление вектора вращения;
- пятый параметр: UF_FEATURE_SIGN sign_AL, логические операции при создании тела вращения;
- шестой параметр: uf_list_p_t *feature перечень созданных объектов. Были созданы 3-х мерные модели деталей, входящих в сборку.

Для создания всех основных цилиндрических объектов использовалась типовая функция UF_MODL_create_cyl1((signThree, cyl_orig, height, diam, directionThree, &cyl_obj), в том числе, для создания отверстий в основном корпусе детали где:

- первый параметр: UF_FEATURE_SIGN signTree логическая операция при создании тела цилиндра;

- второй параметр: `double cyl_orig[3]`, задает координаты точки привязки центра окружности основания цилиндра;
- третий параметр: `char* height`, указатель на текстовую строку, где прописана высота цилиндра;
- четвертый параметр: `char* diam`, указатель на текстовую строку с диаметром выстраиваемого цилиндра;
- пятый параметр: `double directionThree[3]`, задает вектор направления главной оси цилиндра;
- шестой параметр: `tag_t* cyl_obj_id`, тег вновь созданного цилиндра.

Для выбора типа булевой операции, при построении моделей, задается предопределенная константа, в зависимости от которой создаваемая деталь будет иметь вид: нового твердого тела, объединяться с уже существующим телом, вычитаться из существующего тела или пересекаться с существующим телом.

Каждая входящая модель детали отрисовывается с помощью своего массива с двухмерными геометрическими объектами, в котором хранится информация о координатах точек этих объектов для дальнейшего построения в трехмерном пространстве и передачи этих переменных и занесения их в соответствующую структуру данных. Данная операция производится в цикле для каждого элемента отдельно для улучшения читаемости кода и обеспечения возможности дальнейшего рефакторинга.

Реализация программы, с использованием NX API. Форма разработчика в среде NX Open представляет собой интегрированное окно, предназначенное для написания, редактирования и выполнения программного кода, а также для взаимодействия с API Siemens NX. Она обеспечивает разработчикам возможность создания и тестирования своего кода прямо в рабочем окружении NX, что упрощает процесс разработки.

Сама форма представляет собой набор различных каталогов из меню разработчика пользовательского интерфейса NX, каждый из них является отдельной функцией, которая генерируется в основополагающих файлах `dlx`. Эти файлы содержат методы и обратные вызовы, связанные с различными событиями в диалоговом окне, такими как инициализация, запуск диалогового окна, применение изменений, обновление.

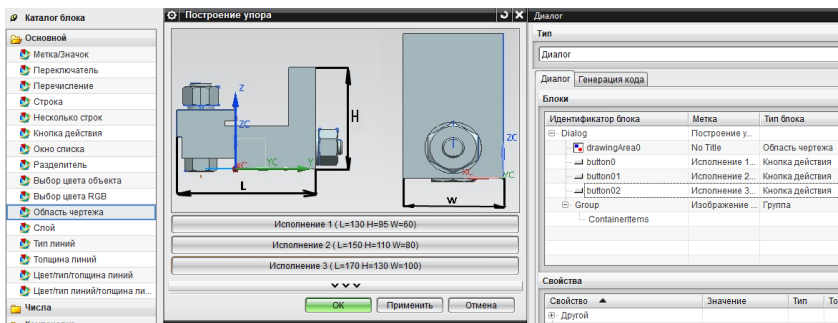


Рис. 2. Меню созданной программы

Основные компоненты и возможности формы разработчика в NX Open позволяют интегрировать код построения приспособления, создав при этом пользовательский интерфейс, с помощью которого конечный пользователь может выполнить построение упора по заданным данным. Это позволило выполнить интерфейс в стиле NX, достаточно простым и удобным в использовании (рис. 2, 3, 4).

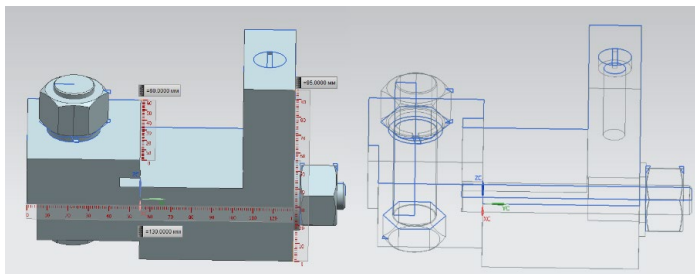


Рис. 3. Результат построения исполнения 1

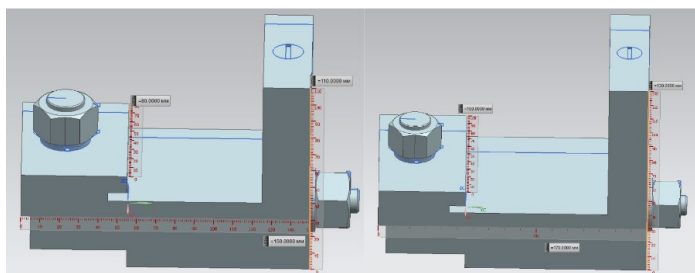


Рис. 4. Результат построения исполнения 2 и 3

Заключение

В результате была разработана подсистема проектирования сборочных приспособлений на примере упоров. Реализация программного интерфейса с использованием NX API C++ в Microsoft Visual Studio обеспечила эффективное взаимодействие с инженерными системами.

Принципы разработки подсистемы могут быть использованы в качестве шаблона для автоматизации создания технологических приспособлений.

Особое внимание было уделено созданию эффективного программного интерфейса, который был спроектирован с интеграцией NX API C++. Это позволило обеспечить эффективное взаимодействие и взаимодополняемость системы с уже существующими инженерными решениями.

Таким образом, разработанная подсистема проектирования сборочных приспособлений представляет собой эффективное решение для автоматизации проектирования технологических сборочных приспособлений и может быть использована в качестве методики при кастомизации систем автоматизированного проектирования.

Список литературы

1. Параметрическое моделирование с использованием NX API: учебно-метод. пособие / В.Ф. Барабанов, А.М. Нужный, В.В. Сафронов, Н.И. Гребенникова. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017.
2. Разработка прикладных модулей для системы автоматизированного проектирования «Siemens NX»: учебное пособие / А.И. Сергеев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ. – 2021. – 137 с.
3. Чижов М.И., Бредихин А.В., Ветохин В.В. Подготовка производства: Автоматизированное проектирование и средства поддержки жизненного цикла изделия. / - М.И. Чижов Воронеж: Диамат, 2022. – А. В. Бредихин, В. В. Ветохин, 167 с.

Особенности реализации интерфейса для систем автоматизированного проектирования с использованием различных способов и инструментов на языках С# и С++

О. В. Собенина, e-mail: sobenina36@mail.ru
А. И. Ожерельев, e-mail: alex.oz.vrn@gmail.com

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"

***Аннотация.** Рассмотрены варианты создания пользовательского интерфейса с помощью Windows Forms языка программирования С# и инструмента разработчика программного обеспечения на С++ для САПР Siemens NX.*

***Ключевые слова:** Разработка интерфейса, САПР, Siemens NX.*

Введение

В настоящее время использование систем автоматизированного проектирования является основным способом разработки новых изделий (чертежей и цифровых моделей). Значительное количество систем автоматизированного проектирования (САПР), на которых выполняются разработки, являются импортными. Дальнейшее использование данного программного обеспечения несет определенные риски, в частности, невозможно его обновление, а разработка новых изделий продолжается, т.к. отечественные аналоги не обладают необходимой функциональностью. Невозможность прекращения текущих проектов, мгновенный переход на отечественное программное обеспечение диктуют необходимость кастомизации и адаптации имеющегося программного обеспечения под свои нужды.

Во многих САПР существует функция проектирования моделей программным путем (API). При кастомизации ПО под нужды предприятий, естественно, возникает потребность в создании интерфейса пользователя, который мог бы облегчить взаимодействие человека с кодом и расширить функционал.

Одной из самых популярных CAD/CAM/CAE систем является NX Siemens. Для создания моделей с помощью API и интерфейса создаваемых модулей при кастомизации программы для построения в NX используется NX Open API, представляющая набор инструментов и технологий, посредством которых внешнее приложение может получить доступ к возможностям NX.

В NX есть возможность создания программы на различных языках программирования, таких как C++, C#, Java или VisualBasic. В зависимости от языка отличается синтаксис самого кода и процесс создания интерфейса. Для сравнения будут созданы одинаковые по функционалу программы на языках C++ и C#.

Разработка интерфейса

Для создания трехмерной модели детали и интерфейса пользовательского приложения NX Open использовалась среда разработки приложений Microsoft Visual Studio 2022. Внутреннее приложение NX Open создает динамическую библиотеку dll, которая подключается к NX.

Создание трехмерной модели на языках C++ и C# практически не отличается друг от друга. Основными отличиями являются названия функций построения линий, дуг, операций вытягивания, вращения и типов переменных, используемых в этих функциях.

Листинг 1

Код построения дуг, линий и операции выдавливания на C++:

```
tag t wcs tag;
UF CURVE arc t arc coords;
arc coords.start angle = (269.711999999 * P) / 180;
arc coords.end angle = (482.916210165 * P) / 180;
arc coords.arc center[0] = 0.0;
arc coords.arc center[1] = 0.0;
arc coords.arc center[2] = 0.0;
arc coords.radius = 8.0;
UF CSYS ask wcs(&wcs tag);
UF CSYS ask matrix of object(wcs tag, &arc coords.matrix_tag);
UF_CURVE_create_arc(&arc_coords, &objarray[1]);

UF CURVE line t line coords;
line coords.start point[0] = -11.560842075;
line coords.start point[1] = 2.046181343;
line coords.start point[2] = 0.0;
line coords.end point[0] = -4.347295793;
line coords.end point[1] = 6.715729245;
line coords.end point[2] = 0.0;
UF_CURVE_create_line(&line_coords, &objarray[5]);

double direction[3] = { 0.0, 0.0, 1.0 };
double ref pt[3];
UF FEATURE SIGN create = UF_NULLSIGN;
char* taper angle = t a;
char* limit[2] = { a, b };
uf list p t loop list, features;
UF MODL create list(&loop_list);
for (i = 1; i < 8; i++)
```

```

UF MODL put list item(loop list, objarray[i]);
UF MODL create extruded(loop list, taper_angle, limit,
ref_pt, direction, create, &features);

```

Листинг 2

Код построения дуг, линий и операции выдавливания на C#:

```

Tag wcs, matrix;
double[] arc1 centerpt = { 0, 0, 0 };
double arc1 start ang = (269.711999999 * P) / 180;
double arc1 end ang = (482.916210165 * P) / 180;
double arc1 rad = 8;
UFCurve.Arc arc1 = new UFCurve.Arc();
arc1.start angle = arc1 start ang;
arc1.end angle = arc1 end ang;
arc1.arc center = new double[3];
arc1.arc center[0] = arc1 centerpt[0];
arc1.arc center[1] = arc1 centerpt[1];
arc1.arc center[2] = arc1_centerpt[2];
arc1.radius = arc1 rad;
theUFSession.Csys.AskWcs(out wcs);
theUFSession.Csys.AskMatrixOfObject(wcs, out matrix);
arc1.matrix tag = matrix;
theUFSession.Curve.CreateArc(ref arc1, out objarray1[0]);

UFCurve.Line Line1 = new UFCurve.Line();
Line1.start point = new double[3] { -11.560842075,
2.046181343, 0 };
Line1.end_point = new double[3] { -4.347295793, 6.715729245, 0
};
theUFSession.Curve.CreateLine(ref Line1, out objarray1[4]);

double[] direction = { 0.0, 0.0, 1.0 };
double[] ref pt = new double[3];
string taper angle = "0.0";
string[] limit = { "0", "16" };
Tag[] f;
theUFSession.Modl.CreateExtruded(objarray1, taper_angle,
limit,
ref_pt, direction, FeatureSigns.Nullsign, out f);

```

После написания кода построения детали, переходим к созданию интерфейса.

Для начала создадим интерфейс с помощью API функций NX под Siemens NX 9 на языке C++ в среде Visual Studio 2022.

Форма создается в самом NX с помощью функции «Разработчик пользовательского интерфейса». Все элементы интерфейса добавляются из вкладки «Каталог блока». В разделе «Диалог» редактируются элементы, их свойства и расположение. При сохранении шаблона, разработанного интерфейса на C++, получаем три файла: *.cpp, *.hpp и

*.dlx. Файл *.hrr содержит описание имен всех обработчиков событий и функций, представленных в виде класса. Код интерфейса с описанием функций содержится в файле *.crr, куда впоследствии будет добавлен алгоритм построения детали. Файл диалога – *.dlx содержит описание созданного интерфейса.

Для добавления кода построения детали в полученный шаблон интерфейса необходимо создать проект на C++ в Visual Studio 2022 и перенести в него файлы *.crr и *.hrr с подключением библиотек NX API, а также связать коды обработчика событий, с разработанной программой построения детали. Далее создадим динамическую библиотеку dll, сгенерировав ее в Visual Studio 2022. Для работы библиотеки в Siemens NX 9 необходимо файл описания интерфейса *.dlx перенести в каталог установки программы NX и поместить в папку UGII. Интерфейс, созданный с помощью инструмента «Разработчик пользовательского интерфейса» в NX на языке программирования C++, приведен на рис. 1.

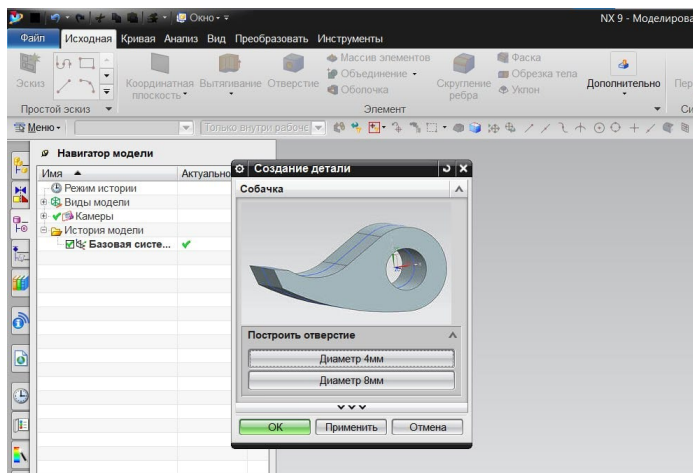


Рис. 1. Интерфейс, созданный с помощью функции «Разработчик пользовательского интерфейса»

Внешний вид окна разработанной библиотеки имеет стилистику NX, который визуально не отличается от существующих интерфейсов инструментов приложения. При создании интерфейса на C++ в NX помимо стандартных элементов взаимодействия, разработчику доступны виджеты функций создания моделей и чертежей,

используемые только в САПР, такие как выбор линии, создание оси, смена направления и т.д.

Для сравнения создадим интерфейс с помощью Windows forms под Siemens NX 9 на языке C# в среде Visual Studio 2022.

Для начала создаем проект с кодом построения детали на языке C# в среде Visual Studio 2022 связанный с NX. К нему добавляем дополнительный элемент формы Windows forms. Для разработки интерфейса динамической библиотеки из панели элементов добавляем такие же виджеты, как и в интерфейсе проекта на C++. Подключаем элементы взаимодействия к коду, изменяя при нажатии переменную, отвечающую за диаметр отверстия и вызываем функцию построения детали. Также как и в описанном выше проекте на C++ для работы в Siemens NX 9 нужно сгенерировать dll файл. Интерфейс, созданный с помощью Windows forms на языке программирования C#, приведен на рис. 2.

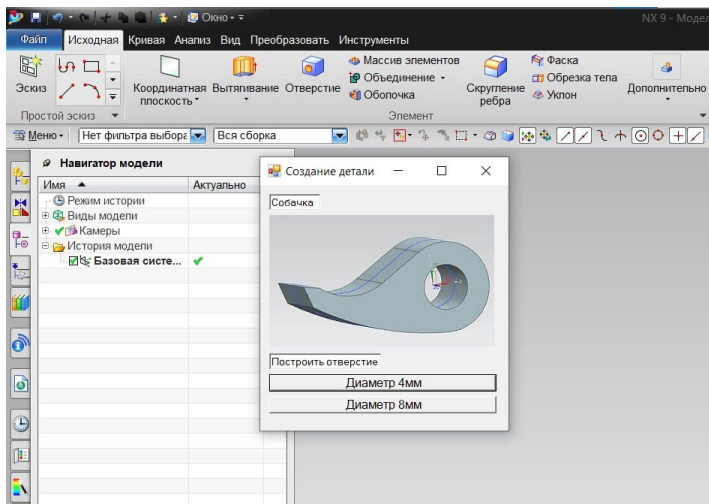


Рис. 2. Интерфейс, созданный с помощью Windows forms

Внешний вид окна динамической библиотеки разработанной с помощью Windows forms на C# имеет визуальные отличия от стилистики САПР NX, что выбивается из общего вида интерфейса. Разработка такого вида интерфейса проста в реализации, но имеет ограничение по функционалу. При создании программы, подразумевающей использование специфических функций, которые есть только в САПР, такие как взаимодействие пользователя с моделью,

создание плоскости, смена направления и т.д., разработка понятного и функционального интерфейса, будет сложнее реализации.

Заключение

Проанализировав создание интерфейсов при кастомизации с помощью Windows forms на C# и с помощью NX на C++, можно сделать следующие выводы. Созданная на C# форма проще в создании и настройке, но не имеет достаточного функционала для реализации более сложных проектов на САПР и визуально выделяется из стилистики программы.

Интерфейс, созданный с помощью инструмента NX «Разработчик пользовательского интерфейса» на C++, в свою очередь имеет внешний вид САПР NX и больше функционала, виджетов и элементов взаимодействия с пользователем для удобной эксплуатации приложения с использованием большинства функций САПР. Настройка и редактирование такой формы сложнее, но благодаря функционалу разработчик может создать более удобное и интуитивно понятное для пользователя приложение.

Список литературы

1. Разработка прикладных модулей для системы автоматизированного проектирования «Siemens NX»: учебное пособие / А.И. Сергеев ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ. – 2021. – 137 с.
2. Чижов М.И., Бредихин А.В., Ветохин В.В. Подготовка производства: Автоматизированное проектирование и средства поддержки жизненного цикла изделия / М. И. Чижов, А. В. Бредихин, В. В. Ветохин. – Воронеж : Диамат, 2022. – 167 с.

Школа-конференция
«Информатика в
образовании»

Секция 1
Методика преподавания
информатики

Пробуждение интереса к теме подпрограмм в алгоритмизации и программировании

И. Ю. Зуева, email: iz_sosh97@mail.ru

МБОУ СОШ № 97 г. Воронежа

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются приёмы активизации интереса к теме конструирования алгоритмов на примере урока в 9 классе на основе учебника Босовой Л. Л.*

***Ключевые слова:** конструирование алгоритмов, искусственный интеллект, вспомогательные алгоритмы, подпрограммы, процедуры, функции.*

Введение

Программирование достаточно сложная тема для восприятия учащимися. Заинтересовать детей, даже при современной востребованности IT специалистов достаточно сложно. И даже не заинтересовать, а ввести учеников в тему на разумном уровне восприятия, понимания и требований конструирования алгоритмов. Ведь зачастую именно понимания структуры алгоритмов не хватает детям для успешного решения задачи и написания программы.

Тема конструирования алгоритмов и записи вспомогательных алгоритмов рассматривается в 9 классе в 3 четверти базового курса информатики по программе на основе учебника Босовой Л.Л.

Опыт применения приемов, давших наибольший эффект в обучении

На первых уроках после каникул учителю необходимо напоминать детям, с какими данными и структурами данных в программировании мы уже познакомились – константы, переменные, массивы.

Но, как обычно это бывает, человек, да и всё человечество, не останавливается на достигнутом, и есть необходимость создания больших проектов.

Например, на данный момент в большинстве школ России используется ОС иностранных компаний, и существует потребность создания достойного отечественного ПО. В одиночку это невозможно. И данный проект может быть реализован только в ходе командной работы.

Конечно, на сегодняшний день данную проблему, хотя-бы частично, хочется переложить на плечи искусственного интеллекта (далее ИИ).

А о каких способностях ИИ на данный моменты слышаны дети на сегодняшний момент? Дети знают, что ИИ может создавать визуальное искусство, писать стихи, сочинять музыку и даже фотографировать. ИИ Google даже смог создать своего собственного ИИ-ребенка, который смог превзойти людей-аналогов [1].

Но использование ИИ вызывает некоторые социальные проблемы в обществе. За 2023 год высокотехнологичными международными компаниями было сокращено сотни тысяч специалистов, занимающихся переводом, программированием (конкретных задач, узлов, модулей), бухгалтерией, музыкальным оформлением, поиском решений в области дизайна.

Возникает вопрос: неужели эти специальности скоро исчезнут совсем? Особенно интересная нам специальность IT-специалиста? Будут ли востребованы в недалёком будущем, например, художники? Вместе с детьми приходим к выводу, что конечно же будут. И к этому ответу ученики приходят, зная, что ИИ сможет только повторить или предложить варианты уж имеющихся знаний.

Но как же ИИ может нарисовать, например, пейзаж. Конечно же пейзаж – это в первую очередь изображение природы: леса, реки и моря, городские и сельские виды. Вместе с детьми приходим к выводу, что при создании изображения природы необходимо множество различных элементов (травинки, листочки, цветов и др.).

Ученикам предлагается написать небольшую программу, выводющую на экран, например, цветок. И для того, чтобы получить поляну, необходимо «рассадить» цветы на поляне.

Для чего можно использовать один из способов, изученных детьми в предыдущей четверти, ввода данных – генерация случайных чисел. И на основе понимания работы `randomize`, вводится понятие функции в программировании.

Далее учащиеся знакомятся со структурой программы при конструировании алгоритмов [2].

Программу «Цветок» предлагается вызвать как процедуру. Учащиеся знакомятся со способами вызова процедур и функций, понятием глобальных и локальных переменных.

Конечно, этапы столкновения с проблемами современной действительности, обсуждения, рассуждений, мозгового штурма занимают достаточно большую часть урока. И именно это позволяет

ввести учеников в тему на разумном уровне восприятия, понимания и требований конструирования алгоритмов.

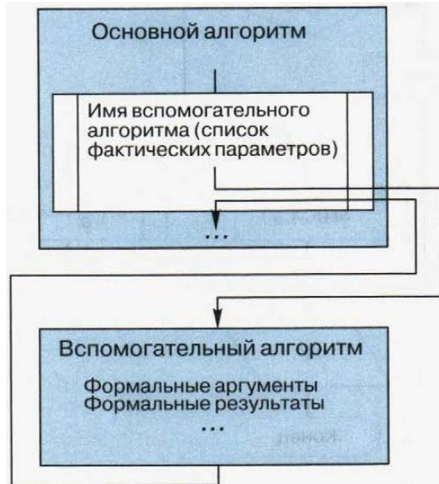


Рис. 1. Схема выполнения команды вызова вспомогательного алгоритма

Для рефлексии данных понятий ребята выполняют задание по вызову процедуры из рабочей тетради автора учебника.

91. Запишите соотношение, используемое в приведенной ниже подпрограмме.

```

procedure f(n: integer);
begin
    if n>1 then
        begin
            f(n div 2);
        end;
    write('**');
end;

```

Определите, сколько звездочек будет выведено в результате вызова $f(7)$ подпрограммы. Вычисления фиксируйте в таблице:

n	1	2	3	4	5	6	7
$f(n)$							

Рис. 2. Задание № 91 из [3]

При выполнении данной работы дети с пониманием относятся к способу вызова процедуры «по имени». Осознанно вводят значения параметра. И в конце урока, анализируя полученные результаты, свободно оперируют всеми введенными на уроке новыми понятиями.

Заключение

На протяжении урока были использованы такие принципы активизации познавательной деятельности как:

- принцип обеспечения максимально возможной адекватности учебно-познавательной деятельности характеру практических задач;
- принцип систематичности обучения;
- принцип актуальности.

Наиболее эффективны для активизации познавательной деятельности учащихся:

- метод алгоритмизированного обучения;
- метод эвристического обучения.

Приемы, давшие наибольший эффект в обучении:

- проблемная ситуация;
- наглядность и иллюстративность;
- готовность выполнять учебные задания;
- сознательность выполнения заданий.

Список литературы

1. Глобальные сокращения сотрудников из-за ИИ. – Текст : электронный // Компьютерная графика и анимация – Render.ru : [сайт]. – 2024. – URL : <https://render.ru/ru/news/post/25033> (дата обращения: 09.01.2024).

2. Босова, Л. Л. Информатика. 9 кл. : учебник / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – 2-е изд., стер. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019, 2020. – 208 с. : ил. – ISBN 978-5-9963-4443-7. – ISSN 978-5-9963-5479-5.

3. Босова, Л. Л. Информатика. Ч. 2 [Текст] : рабочая тетрадь для 9 класса : в 2 частях / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. - 2-е изд., испр. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, сор. 2017. - 90, [1] с.

О визуализации управляющих графов программ на основе их циклической структуры

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su^{1,2}

Е. В. Касьянова, email: kev@iis.nsk.su^{1,2}

¹ Институт систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН

² Новосибирский государственный университет

Аннотация. В данном докладе рассматривается задача укладки на плоскости управляющих графов программ на основе их циклической структуры. Описывается метод изображения регуляризуемого управляющего графа программы на плоскости путем размещения вершин его циклических участков на окружностях с наглядным представлением вложенности циклических участков.

Ключевые слова: визуализация графов, зонно-интервальное представление, управляющие графы, регуляризуемые графы, циклические участки.

Введение

Визуализация информации – это процесс преобразования больших и сложных видов абстрактной информации в интуитивно понятную визуальную форму. Универсальным средством такого представления структурированной информации являются графы. Графы применяются для представления любой информации, которую можно промоделировать в виде объектов и связей между объектами. Поэтому визуализация теоретико-графовых моделей является ключевой компонентой во многих приложениях в науке и технике, а методы визуализации графовых моделей представляют собой теоретическую основу методов визуализации абстрактной информации [1-4].

Управляющий граф (или уграф) – основная модель программы, представляющая в виде ориентированного графа поток управления (систему управляющих связей) в программе; в ней сохраняется только членение программы на операторы (команды, лучи), а также информация о тождественности операторов и возможных передачах управления между операторами [5-7].

Регуляризуемые уграфы представляют собой наиболее общий тип граф-моделей структурированных программ [6,7]. Они поддерживают эффективное проведение оптимизирующих и распараллеливающих преобразований программ и являются основой трансформационного

подхода к конструированию надежного и эффективного программного обеспечения.

Трудно переоценить роль циклов в программах, которые, как правило, присутствуют в любой нетривиальной программе и определяют время ее выполнения, и поэтому понимание смысла программ сложно себе представить без понимания их циклической структуры. Однако существующие методы и алгоритмы визуализации графов при укладке управляющих графов программ на плоскости не учитывают наличия в них циклической структуры.

В данном докладе описывается метод укладки на плоскости регуляризуемого управляющего графа, который учитывает циклическую структуру управляющего графа и строит его наглядное изображение, размещая вершины циклических участков на окружностях с наглядным представлением вложенности циклических участков, а также позволяя уменьшить число пересечений дуг, соединяющих вершины.

1. Управляющие графы и их фрагменты

Мы используем без определения ряд стандартных теоретико-графовых обозначений и понятий (см., например, [8,9]).

В общем случае управляющий граф (или уграф) программы – это помеченный упорядоченный мультиграф с выделенными вершинами: одной начальной вершиной, соответствующей начальному оператору программы, и непустым множеством конечных вершин [5-7]. Таким образом, каждому выполнению программы соответствует некоторый путь по уграфу от его начальной вершины.

Обычно считается, что уграф является правильным и не содержит кратных дуг, вершин с совпадающими пометками и разных конечных вершин. Другими словами, считается, что уграф – ориентированный граф с выделенными начальной и конечной вершинами, каждая вершина которого лежит хотя бы на одном пути от начальной вершины до конечной (см. рис. 1).

Часто без ограничения общности можно также считать, что из конечной вершины не выходит и в начальную вершину не заходит ни одна дуга уграфа, а из каждой вершины, отличной от начальной, выходит одна или две дуги.

Фрагмент – это любая часть уграфа. Фрагмент C является подфрагментом фрагмента P , если C – часть P . Подфрагмент фрагмента C , отличный от C , называется собственным подфрагментом C . Фрагмент тривиальный, если он состоит из единственной вершины.

Вершина фрагмента называется начальной, если либо она – начальная (соответственно конечная) вершина уграфа, либо в нее

заходит (соответственно из нее исходит) дуга уграфа, не принадлежащая данному фрагменту. Вершина фрагмента называется входной (или входом), если существует путь по уграфу от его начальной вершины до данной вершины, не содержащий дуг фрагмента. Вершина называется конечной для фрагмента, если она не принадлежит данному фрагменту и является преемником хотя бы одной его вершины.

Например, для подграфа уграфа G (см. рис. 1), порожденного вершинами $\{2, 3, 4\}$, вершина 2 и 4 – начальные, 2 – входная вершина, 4 – выходная, а 5 и 6 – конечные.

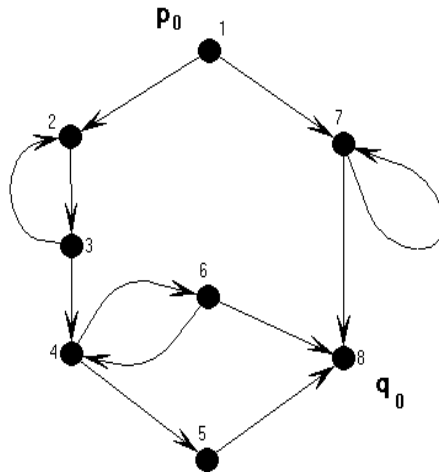


Рис. 1. Пример управляющего графа

Альт – это подграф с единственной начальной вершиной.

Интервал – это такой альт, начальная вершина которого принадлежит каждому его контуру; начальная вершина интервала часто называется его головной вершиной.

Например, в уграфе G (см. рис. 1) подграфы $\{1\}$, $\{2\}$, $\{3\}$, $\{4\}$, $\{5\}$, $\{7\}$, $\{8\}$, $\{2, 3\}$, $\{4, 6\}$, $\{4, 5, 6\}$ – интервалы.

Множество всех максимальных интервалов уграфа задает разбиение множества его вершин.

Нетривиальный сильно связный подграф уграфа называется зоной (или сильно связной областью). Зона называется многовходовой, если она имеет не менее двух входов. Уграф называется одновходовым, если он не содержит многовходовых зон.

Например, уграф G (см. рис. 1) является одноходовым; он содержит три зоны $\{7\}$, $\{2, 3\}$, $\{4, 5\}$, каждая из которых имеет по одному входу.

2. Регуляризуемые уграфы

Класс регуляризуемых графов играет чрезвычайно важную роль в программировании в силу того, что программа, управляющий граф которой принадлежит этому классу, допускает применение более эффективных алгоритмов анализа и оптимизации. Так, задача нахождения минимального множества дуг, удаление которых разрывает все контуры в ориентированном графе, является NP-трудной для графа общего вида, но имеет полиномиальную сложность для регуляризуемых графов.

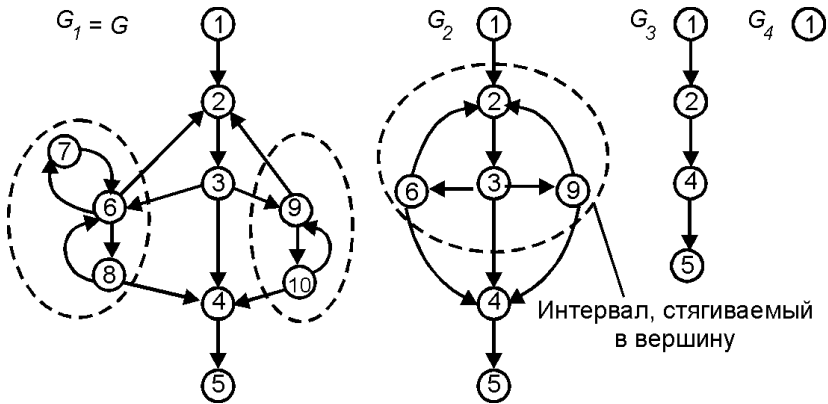


Рис. 2. Регуляризуемый уграф

Уграф G называется регуляризуемым (или обобщенно сводимым), если существует последовательность уграфов $G_0 = G, G_1, \dots, G_k$, называемая последовательностью сведения G , в которой G_k – тривиальный граф, а каждый следующий член последовательности G_i получается из предыдущего G_{i-1} стягиванием некоторого непустого множества попарно непересекающихся нетривиальных интервалов в вершину, являющиеся их головами.

На рис. 2 приведен пример регуляризуемого уграфа G вместе с его последовательностью сведения. В уграфе G начальной является вершина 1.

Последовательность графов $G_0 = G, G_1, \dots, G_r$ называется зонно-интервальным представлением графа G , если граф G_r не содержит зон, а для любого i граф G_i получается из графа G_{i-1} стягиванием в вершины элементов непустого множества попарно непересекающихся интервалов, являющихся зонами (см. рис. 3).

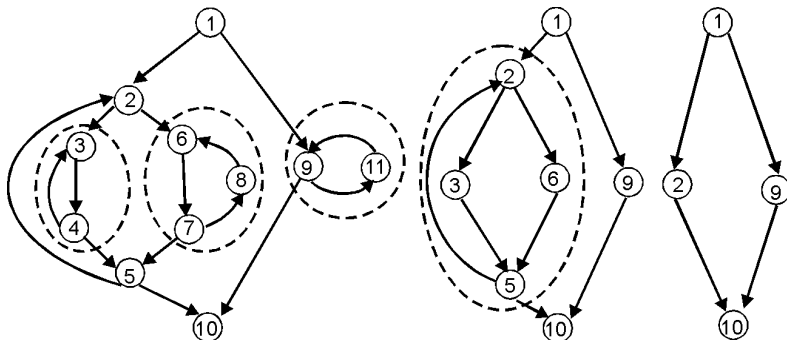


Рис. 3. Зонно-интервальное представление графа

3. Достоверные отношения частоты выполнения и циклическая структура управляющего графа

Первый вопрос, который возникает при рассмотрении программ с циклами: что такое цикл в графе? С содержательной точки зрения можно выделить следующие два его свойства.

Во-первых, цикл является участком многократного выполнения, т. е. вершины и дуги цикла образуют зону графа.

Во-вторых, цикл – это фрагмент графа, являющийся участком большей повторяемости программы, чем его окружение. Это означает, что: (1) для любого пути по графу от его начальной вершины количество вхождений в путь дуг, заходящих извне в данный фрагмент, не превышает числа вхождений в этот путь инцидентных им начальных вершин фрагмента; и (2) суммарное число вхождений начальных вершин фрагмента во все пути по графу от его начальной вершины существенно превышает количество всех вхождений дуг графа, заходящих извне в данный фрагмент.

Пусть задан некоторый граф G с начальной вершиной p_0 и конечной q_0 . Обозначим через π множество путей по графу G от p_0 до q_0 , а через $|C \cap P|$ – количество вхождений элементов (вершин и дуг) некоторого фрагмента C в некоторый путь $P \in \pi$.

Пусть C_1 и C_2 – два фрагмента уграфа G . Говорят, что C_1 и C_2 достоверно выполняются одинаково часто в G (обозначаем $C_1 \overset{\bullet}{=} C_2$), если для любого пути $P \in \pi$ выполняется $|C_1 \cap P| = |C_2 \cap P|$. Фрагмент C_1 достоверно выполняется «чаще», чем C_2 (обозначаем $C_1 \overset{\bullet}{<} C_2$), если $|C_1 \cap P| \leq |C_2 \cap P|$ для любого пути $P \in \pi$ и существует такой путь $P \in \pi$, что $|C_1 \cap P| < |C_2 \cap P|$.

Рассмотрим последовательность уграфов $G_0 = G, G_1, \dots, G_r$, в которой G_r не содержит нетривиальных бикомпонент, а для любого i граф G_i получается из графа G_{i-1} удалением в каждой нетривиальной бикомпоненте C графа G_{i-1} всех дуг, заходящих в одну из ее начальных вершин. Если G – регуляризуемый граф, то у бикомпоненты начальная вершина всегда одна [7]. Эту вершину бикомпоненты C называют ее головой, а удаленные дуги – дугами повторения уровня i . Пусть I_i обозначает множество всех дуг повторения уровня i .

Части уграфа G , называемые его циклическими участками, определяются по следующим двум правилам: (1) циклический участок нулевого уровня в уграфе G состоит из всех тех вершин и дуг, которые принадлежат путям по G_r от p_0 до q_0 , и имеет головной вершиной p_0 ; (2) пусть для некоторого i фрагмент C – бикомпонента уграфа G_{i-1} с головой p ; тогда в G имеется циклический участок уровня i с головой p ; он состоит из всех тех вершин и дуг, из которых достижима вершина p на графе, полученном из C удалением всех дуг повторения уровня $j > i$.

Рассмотрим уграф G на рис. 4. В нем дугами повторения являются дуги (8, 3), (6, 5) и (10, 9), причем (8, 3) и (10, 9) – дуги повторения первого уровня, а (6, 5) – второго. В уграфе имеется четыре циклических участка: циклический участок нулевого уровня с головой 1, два циклических участка первого уровня с головами 3 и 9 соответственно, и циклический участок второго уровня с головой 5.

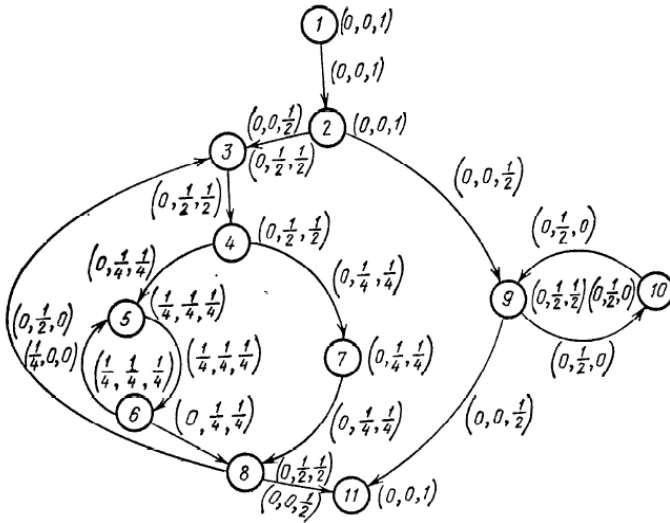


Рис. 4. Векторы частот выполнения элементов уграфа

Циклические участки и их головы выделяются однозначно в любом регуляризуемом уграфе G , и позволяют оценить частоту выполнения каждого элемента p уграфа G в виде вектора $D_p = (D_p^r, \dots, D_p^0)$, где r – максимальный уровень циклических участков уграфа G , а D_p^i – частота выполнения элемента p в циклических участках уровня i (см. рис. 4) таким образом, что для любого регуляризуемого уграфа отношение лексикографического порядка на этих векторах согласуется с достоверными отношениями частот выполнения соответствующих элементов уграфа [7].

4. Визуализация управляющего графа

Пусть исходный граф G , для которого применяется алгоритм укладки, является регуляризуемым и содержит n вершин и m дуг. Пусть I_1, I_2, \dots, I_{r-1} – все дуги повторения графа G .

Обозначим через G'_{r+1-i} – граф, полученный из графа G , удалением всех дуг повторения I_j , где $j < i$, и рассмотрим зонно-интервальное представление $G''_0 = G, G''_1, \dots, G''_r$ графа G , в котором

граф G_i'' получается из графа G стягиванием в нем всех нетривиальных бикомпонент графа G_{r+1-i}' в их начальные вершины. Оно может быть построено за время $O(nm)$ [7].

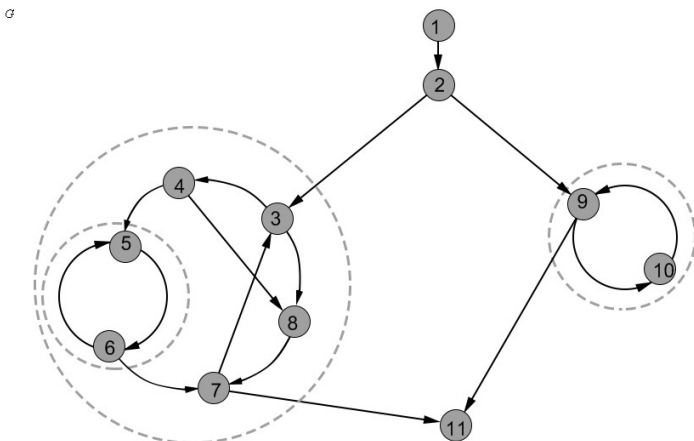


Рис. 5. Изображение регуляризуемого уграфа

Будем рассматривать укладку уграфа на основе данного его зонно-интервального представления $G_0'' = G, G_1'', \dots, G_r''$, в котором граф G_r'' – это фактор-граф, полученный из графа G стягиванием множества его бикомпонент в их единственные начальные вершины, а для любого i граф G_i'' получается из графа G_{i-1}'' стягиванием некоторого непустого множества попарно непересекающихся зон, являющихся интервалами, в их начальные вершины.

Основой укладки является изображение бесконтурного графа G_r'' , некоторые вершин которого представляют нетривиальные бикомпоненты исходного графа G и должны занимать круги соответствующего размера. Для его построения, ориентированного на уменьшение пересечений дуг, можно использовать методы поуровневой укладки [4,5,10,11].

Для представления любой зоны, связанной с переходом от графа G_{i-1}'' к графу G_i'' , можно использовать методы циркулярной укладки [12,13], размещая на некоторой окружности не только вершины

исходного графа, принадлежащие G_{i-1}'' , но и уже построенные изображения тех его зон, которые непосредственно вложены в данную и связаны с переходом от G_{i-2}'' к G_{i-1}'' , причем таким образом, чтобы уменьшить количество пересечений дуг, соединяющих вершины внутри этой зоны.

На рис. 5 приведен результат укладки рассмотренным методом уграфа, в котором пунктирными линиями показаны выделяемые бикомпоненты, а все дуги (за исключением дуг, соединяющих соседей на окружностях) изображаются прямыми линиями. Для данного уграфа $r = 3$, $I_1 = \{(7,3), (10,9)\}$, $I_2 = \{(6,5)\}$.

Заключение

В докладе описан метод укладки на плоскости регулируемого управляющего графа, который учитывает циклическую структуру управляющего графа и строит его наглядное изображение, размещая вершины циклических участков на окружностях с наглядным представлением вложенности циклических участков. Дополнительным критерием описанного метода укладки является уменьшение количества пересечений дуг между собой, что увеличивает наглядность представления как всего уграфа, так и его циклов.

Отметим, что большинство современных языков высокого уровня являются языками структурного программирования и, таким образом, ориентированными на написание регулируемых программ. К тому же в реальных случаях даже для языков «неструктурного» программирования, как правило, уграфы программ регулируемы, а если нет, то преобразование программы для получения регулируемости не потребует даже двукратного увеличения ее размера при сохранении времени счета по программе [7,14].

Отметим также, что описанный метод непосредственно применим к любым программам, но не всегда однозначно выделяет циклическую структуру уграфа программы, если уграф не является регулируемым.

Список литературы

1. Di Battista, G. Graph Drawing: Algorithms for Visualization of Graphs / G. Di Battista, P. Eades [et al.]. – Prentice Hall, 1998. – 416 p.
2. Handbook of Graph Drawing and Visualization / Ed. R. Tamassia. – CRC Press, 2013. – 862 p.
3. Herman, I. Graph visualization and navigation in information visualization: a survey / I. Herman, G. Melançon, M. S. Marshall // IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics. – 2000. – Vol. 6. – P. 24-43.

4. Касьянов, В. Н. Визуализация графов и графовых моделей / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск: ООО «Сибирское Научное Издательство», 2010. – 123 с.
5. Евстигнеев, В. А. Применение теории графов в программировании / В. А. Евстигнеев. – М.: Наука, 1985. – 352 с.
6. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Касьянов, В. А. Евстигнеев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.
7. Касьянов, В. Н. Оптимизирующие преобразования программ / В. Н. Касьянов. – М.: Наука, 1988. – 334 с.
8. WikiGrapp [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pco.iis.nsk.su/grapp>
9. Евстигнеев, В. А. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании / В. А. Евстигнеев, В. Н. Касьянов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 286 с.
10. Kasyanov, V. N. A system for visualization of big attributed hierarchical graphs / V. N. Kasyanov, T. A. Zolotuhin // Intern. Journal of Computer Networks & Communications. – 2018. – Vol. 10, № 2. – P. 55-67.
11. Sugiyama, K. Methods for Visual Understanding of Hierarchical System Structures / K. Sugiyama, S. Tagawa, M. Toda // IEEE Trans. Syst. Man Cybern. – 1981. – Vol. 11, № 2. – P. 109-125.
12. Masuda, S. On the NP-completeness of a computer network layout problem / S. Masuda, T. Kashiwabara [et al.] // Proc. IEEE 1987 International Symposium on Circuits and Systems. – Philadelphia: PA, 1987. – P. 292-295.
13. Six, J. M. A framework for circular drawings of networks / J. M. Six, I. G. Tollis // Lecture Notes in Computer Science. – 1995. – Vol. 1731. – P. 107-116.
14. Knuth, D. E. An empirical study of FORTRAN program / D. E. Knuth // Software – Practice and Experience. – 1971. – Vol. 1. – P. 105-133.

Конечный автомат для распознавания римских чисел и перевода их в десятичную систему счисления

Ю. В. Кулаков, email: kulak@list.ru

Тамбовский государственный технический университет

***Аннотация.** Разработан конечный автомат для распознавания римских чисел среди последовательностей, составленных из допустимых в римской системе счисления цифр, и перевода их в десятичную систему счисления.*

***Ключевые слова:** конечный автомат, входной алфавит автомата, выходной алфавит автомата, множество состояний автомата, входной символ, выходной символ, римское число.*

Введение

Понятие конечного автомата относится к фундаментальным основам дискретной математики, а идеи и техника теории конечных автоматов используются в практически любой области исследований, будь то деятельность нервной системы человека, анализ синтаксиса текста или проектирование электронных вычислительных машин [1, 2].

В частности, модель конечного автомата может быть использована и при решении традиционных олимпиадных задач по информатике в предметной области римских чисел, когда требуется их распознавание.

Например, в 2013/2014 учебном году в Тамбове на школьном этапе ВсОШ необходимо было написать программу, которая для заданной непустой строки римских цифр переставляла символы так, чтобы они образовали максимальное правильное число в римской системе счисления. В 2018/2019 учебном году на муниципальном этапе ВсОШ в Москве требовалось разбить строку римских цифр на корректные римские числа так, чтобы сумма всех чисел была бы наименьшей [3].

1. Постановка задачи

Построить конечный автомат для проверки последовательности, составленной из допустимых в римской системе счисления символов, на предмет того, является ли данная последовательность римским числом. В случае положительного ответа, выдать необходимые данные для получения десятичного представления этого римского числа, а в случае отрицательного – сообщение о том, что последовательность римских цифр римским числом не является.

2. Формирование входного алфавита конечного автомата

Поскольку требуется построить конечный для проверки последовательности, составленной из допустимых в римской системе счисления символов, то его входной алфавит X составят эти и только эти символы, т. е. $X = \{I, V, X, L, C, D, M\}$.

3. Формирование выходного алфавита и множества состояний конечного автомата

Заметим, что в нашем примере выходной алфавит конечного автомата Z изначально определить достаточно сложно. Это объясняется тем, что для какого-либо римского числа мы на выходе конечного автомата планируем получить такую последовательность целых чисел (выходных символов), арифметическая сумма которых и будет десятичным представлением этого римского числа.

Кроме того, формирование множества состояний конечного автомата S в общем случае является сложной задачей, которая решается не обязательно однозначно. Для такой задачи не существует общих правил её решения, и поэтому часто прибегают к методу последовательных приближений путём проб и ошибок. При этом затраты времени на выбор множества S зависят от интуиции исследователя и степени знания им исследуемой системы.

Попробуем выявить выходной алфавит X и множество состояний S нашего конечного автомата для распознавания римских чисел и перевода их в десятичную систему в процессе его описания.

При «начальном состоянии» автомата и входе I, V, X, L, C, D или M , на выходе появляется соответственно символ $1, 5, 10, 50, 100, 500$ или 1000 , и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I », «во входном потоке сформировалась подстрока V », «во входном потоке сформировалась подстрока X », «во входном потоке сформировалась подстрока L », «во входном потоке сформировалась подстрока C », «во входном потоке сформировалась подстрока D » или «во входном потоке сформировалась подстрока M ».

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока I » и входе I , на выходе появляется символ 1 , и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась подстрока II ».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока I », и на вход подается символ V или X , то на выходе появляется соответственно символ 3 или 8 , и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока IV » или «во входном потоке сформировалась подстрока IX ».

Заметим, что суммы выходных символов $(1 + 3)$ и $(1 + 8)$ представляют римские числа IV и IX.

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока I», и на вход подается символ L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Заметим, что в данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока IL, IC, ID или IM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока II» и входе I, на выходе появляется символ 1, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась подстрока III».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока II», и на вход подается символ V, X, L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Заметим, что в данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока IV, IX, IL, IC, ID или IM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока III» и любом из входов I, V, X, L, C, D или M, на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Заметим, что в данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока III, IIIV, IIIX, IIIL, IIIC, IIID или IIIM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока IV» и любом из входов I, V, X, L, C, D или M, на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Заметим, что в данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока IVI, IVV, IVX, IVL, IVC, IVD или IVM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока IX» и любом из входов I, V, X, L, C, D или M, на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Заметим, что в данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока IXI, IXV, IXX, IXL, IXC, IXD или IXM.

При настоящем состоянии нашего конечного автомата «во входном потоке сформировалась подстрока V» и входе I, на выходе появляется символ I, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась подстрока I».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока V», и на вход подается символ V, X, L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Заметим, что в данном случае недопустимой подстрокой является подстрока VV, VX, VL, VC, VD или VM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока X» и входе I, V или X, на выходе появляется соответственно символ I, 5 или 10, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V» или «во входном потоке сформировалась подстрока XX».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока X», и на вход подается символ L или C, то на выходе появляется соответственно символ 30 или 80, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока XL» или «во входном потоке сформировалась подстрока XC». Заметим, что суммы выходных символов (10 + 30) и (10 + 80) представляют римские числа XL и XC.

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока X», и на вход подается символ D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». В данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока XD или XM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока XX» и входе I, V или X, на выходе появляется соответственно символ I, 5 или 10, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V» или «во входном потоке сформировалась подстрока XXX».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока XX», и на вход подается символ L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Здесь недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока XXL, XXC, XXD или XXM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока XXX» и входе I или V, на выходе появляется соответственно символ 1 или 5, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I» или «во входном потоке сформировалась подстрока V».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока XXX», и на вход подается символ X, L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Заметим, что в данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока XXXX, XXXL, XXXC, XXXD или XXXM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока L» и входе I, V или X, на выходе появляется соответственно символ 1, 5 или 10, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V» или «во входном потоке сформировалась подстрока X».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока L», и на вход подается символ L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». В данном случае недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока LL, LC, LD или LM.

При настоящем состоянии конечного автомата «во входном потоке сформировалась подстрока XL» и входе I или V, на выходе появляется соответственно символ 1 или 5, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I» или «во входном потоке сформировалась подстрока V».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока XL», и на вход подается символ X, L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Здесь недопустимой подстрокой является соответственно подстрока XLX, XLL, XLC, XLD или XLM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока C» и входе I, V, X, L или S на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10, 50 или 100, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X», «во

входном потоке сформировалась подстрока L» или «во входном потоке сформировалась подстрока CC».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока C», и на вход подается символ D или M, то на выходе появляется соответственно символ 300 или 800, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока CD» или «во входном потоке сформировалась подстрока CM». Заметим, что суммы выходных символов $(100 + 300)$ и $(100 + 800)$ представляют римские числа CD и CM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока CC» и входе I, V, X, L или C на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10, 50 или 100, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X», «во входном потоке сформировалась подстрока L» или «во входном потоке сформировалась подстрока CCC».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока CC», и на вход подается символ D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Здесь недопустимой является подстрока CCD или CCM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока CCC» и входе I, V, X или L на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10 или 50, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X» или «во входном потоке сформировалась подстрока L».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока CCC», и на вход подается символ C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Здесь недопустимой для римских чисел подстрокой является соответственно подстрока CCCC, CCCD или CCCM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока XC» и входе I или V на выходе появляется соответственно символ 1 или 5, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I» или «во входном потоке сформировалась подстрока V».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока ХС», и на вход подается символ X, L, C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». В данном случае недопустимой подстрокой является соответственно подстрока ХСХ, ХСL, ХСС, ХСD или ХСM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока D» и входе I, V, X, L или C на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10, 50 или 100, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X», «во входном потоке сформировалась подстрока L» или «во входном потоке сформировалась подстрока C».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока D», и на вход подается символ D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Здесь недопустимой является подстрока DD или DM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока CD» и входе I, V, X или L на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10 или 50, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X» или «во входном потоке сформировалась подстрока L».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока CD», и на вход подается символ C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Это может быть подстрока CDC, CDD или CDM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока M» и входе I, V, X, L, C, D или M на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10, 50, 100, 500 или 1000, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X», «во входном потоке сформировалась подстрока L», «во входном потоке сформировалась подстрока C», «во входном потоке сформировалась подстрока D» или «во входном потоке сформировалась подстрока MM».

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока MM» и входе I, V, X, L, C, D или M на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10, 50, 100, 500 или 1000, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X», «во входном потоке сформировалась подстрока L», «во входном потоке сформировалась подстрока C», «во входном потоке сформировалась подстрока D» или «во входном потоке сформировалась подстрока MMM».

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока MMM» и входе I, V, X, L, C или D на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10, 50, 100 или 500, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X», «во входном потоке сформировалась подстрока L», «во входном потоке сформировалась подстрока C» или «во входном потоке сформировалась подстрока D».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока MMM», и на вход подается символ M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Здесь недопустимой является подстрока MMMM.

При настоящем состоянии автомата «во входном потоке сформировалась подстрока CM» и входе I, V, X или L на выходе появляется соответственно символ 1, 5, 10 или 50, и автомат переходит в состояние соответственно «во входном потоке сформировалась подстрока I», «во входном потоке сформировалась подстрока V», «во входном потоке сформировалась подстрока X» или «во входном потоке сформировалась подстрока L».

Если автомат находится в состоянии «во входном потоке сформировалась подстрока CM», и на вход подается символ C, D или M, то на выходе появляется символ 0, и автомат переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока». Это может быть подстрока CMC, CMD или CMM.

Таким образом, выходной алфавит нашего конечного автомата $Z = \{0, 1, 3, 5, 8, 10, 30, 50, 80, 100, 300, 500, 800, 1000\}$, а множество состояний $S = \{\text{во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока (НП)}, \text{начальное состояние (НС)}, \text{во входном потоке сформировалась подстрока I (I)}, \text{во входном потоке}$

сформировалась подстрока II (II), во входном потоке сформировалась подстрока III (III), во входном потоке сформировалась подстрока IV (IV), во входном потоке сформировалась подстрока IX (IX), во входном потоке сформировалась подстрока V (V), во входном потоке сформировалась подстрока X (X), во входном потоке сформировалась подстрока XX (XX), во входном потоке сформировалась подстрока XXX (XXX), во входном потоке сформировалась подстрока L (L), во входном потоке сформировалась подстрока XL (XL), во входном потоке сформировалась подстрока C (C), во входном потоке сформировалась подстрока CC (CC), во входном потоке сформировалась подстрока CCC (CCC), во входном потоке сформировалась подстрока XC (XC), во входном потоке сформировалась подстрока D (D), во входном потоке сформировалась подстрока CD (CD), во входном потоке сформировалась подстрока M (M), во входном потоке сформировалась подстрока MM (MM), во входном потоке сформировалась подстрока MMM (MMM), во входном потоке сформировалась подстрока CM (CM)}.

4. Примеры распознавания конечным автоматом римских чисел для перевода их в десятичную систему счисления

Для первого примера табл. 1 демонстрирует реакцию построенного конечного автомата на римское число MMCDLXXXVII. Заметим, что сумма полученных при этом выходных символов $1000 + 1000 + 100 + 300 + 50 + 10 + 10 + 10 + 5 + 1 + 1$, равная 2487, представляет десятичный эквивалент этого римского числа.

Таблица 1

*Реакция автомата на входную последовательность
MMCDLXXXVII*

Тактовый момент	Входной символ	Состояние автомата	Выходной символ
1	M	HC	1000
2	M	M	1000
3	C	MM	100
4	D	C	300
5	L	CD	50
6	X	L	10
7	X	X	10
8	X	XX	10
9	V	XXX	5
10	I	V	1
11	I	I	1

В другом примере табл. 2 иллюстрирует реакцию нашего автомата на входную последовательность римских цифр MDCCXXIXVI, не являющуюся римским числом. На девятом такте его работы автомат выдает выходной символ 0 (нуль) и переходит в состояние «во входном потоке сформировалась недопустимая для римских чисел подстрока», досрочно прерывающее его работу.

Таблица 2

*Реакция автомата на входную последовательность
MDCCXXIXVI*

Тактовый момент	Входной символ	Состояние автомата	Выходной символ
1	M	HC	1000
2	D	M	500
3	C	D	100
4	C	C	100
5	X	CC	10
6	X	X	10
7	I	XX	1
8	X	I	8
9	V	IX	0

Заключение

Решение задачи построения конечного автомата для распознавания римских чисел среди последовательностей римских цифр и перевода их в десятичную систему счисления может быть использовано учащимися при изучении темы «Конечные автоматы», а также при подготовке к олимпиадам по программированию и сдаче Единого государственного экзамена по информатике.

Список литературы

1. Горбатов, В. А. Фундаментальные основы дискретной математики. Информационная математика / В. А. Горбатов. – М.: Наука. Физматлит, 2000. – 544 с.
2. Гилл, А. Введение в теорию конечных автоматов / А. Гилл. – М.: Наука. Физматлит, 1966. – 272 с.
3. Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по информатике. Москва, 16 декабря 2018 г. [Электронный ресурс]: задания. – Режим доступа: https://vos.olimpiada.ru/upload/files/Arhive_tasks/2018-19/mun/iikt/tasks-iikt-7-8-mun-18-9.pdf

Применение нейронных сетей для решения задач информационно-математического моделирования

Н. А. Моисеева, email: nat_lion@mail.ru

Омский государственный технический университет

Аннотация. В данной работе рассматривается эффективность применения искусственных нейронных сетей для решения некоторых задач информационно-математического моделирования студентами инженерных специальностей в техническом университете. Определен необходимый ключевой стек технологий для работы с нейронными сетями будущими инженерами. Приведен пример решения линейного уравнения с использованием фреймворка TensorFlow и API Keras.

Ключевые слова: инженер, искусственные нейронные сети, информационно-математическое моделирование, фреймворк TensorFlow, API Keras.

Введение

Один из результатов развития современных ИКТ и сквозных цифровых технологий – наступление эры цифрового общества в условиях Industry 4.0. Сегодня констатируется стремительное и повсеместное внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в образование, промышленность, экономику и другие сферы общества. В России направления развития ИИ и сферы внедрения ИИ регламентируются Национальной стратегией развития ИИ на период до 2030 года [1]. ИИ – основа цифровой трансформации инженерной профессиональной деятельности, а большинству специалистов, работающих в промышленном секторе российской экономики, в частности инженерным кадрам, необходимо выполнять профессиональные функции, применяя сквозные цифровые технологии, а именно такие технологии ИИ как машинное обучение (Machine Learning, ML) и искусственные нейронные сети (далее нейронные сети), или нейросетевые технологии.

Информационно-математическое моделирование – один из фундаментальных методов для решения большинства задач инженерами в современной профессиональной деятельности с помощью цифровых технологий, в том числе технологий ИИ. Суть данного метода – для решения некоторой задачи разработать информационную модель некоторого реального объекта (процесса или явления) посредством

применения соответствующих информационных дескрипторов, методов информатики и соответствующего математического аппарата [2, 3].

1. Нейронные сети как одно из современных средств решения задач информационно-математического моделирования

На сегодняшний день особую популярность имеют ИНС, которые реализуют глубокое обучение, являющееся разделом ML. Инженеры могут использовать технологии ИИ и ML для эффективного решения сложных проблем, моделируя способности человеческого разума к обучению и решению разнообразного спектра инженерно-технических задач.

Нейронные сети – вычислительные информационно-математические модели, состоящие из взаимосвязанных узлов, называемых искусственными нейронами, или узлами. Эти узлы созданы по образцу биологических нейронов человеческого мозга и предназначены для обработки и передачи информации. Имитируя синаптические связи мозга, НС способны учиться на обучающих данных и делать прогнозы или решения, что позволяет им решать сложные инженерные проблемы. Некоторые ключевые особенности НС включают в себя: параллельная обработка информации, нелинейность, способность к обучению, никакого явного программирования.

НС нашли множество применений в различных инженерных областях, совершая технологическую революцию в традиционных подходах к решению проблем: прогнозная аналитика и предикативное моделирование (например, для оптимизации энергетических инженерных систем); обработка больших объемов данных (например, сигналов с датчиков технических устройств) с невероятной скоростью, превосходящей человеческие возможности [5] и др. Так, растущие инженерные применения ИНС меняют подход современных инженеров к решению различных задач в таких областях, как обработка сигналов и производство энергии и др.

Фреймворк TensorFlow широко известен, в основном, в контексте ML и НС. Однако, TensorFlow изначально не является фреймворком ML в чистом виде, а позиционируется разработчиками, как фреймворк для высокопроизводительных вычислений (high performance computing), а это значит, что область его применения значительно шире. Keras – API высокого уровня платформы TensorFlow и предоставляет доступный и высокопроизводительный интерфейс для решения задач ML с упором на современное глубокое обучение. Keras охватывает каждый этап рабочего процесса ML: от обработки данных до настройки гиперпараметров и развертывания [4].

Предлагается приступить к обучению НС будущих инженеров технических университетов с выполнения примеров и заданий, в которых реализуется решение математических уравнений посредством НС на базе фреймворка TensorFlow и API Keras.

2. Решение уравнения с помощью TensorFlow и API Keras

Рассмотрим пример реализации базовой НС для прогнозирования решения линейного уравнения $Y = 2X$. Для решения функции $Y = 2X$ вполне достаточно 30 нейронной с сигмоидальной функцией активации со 100 эпохами. На рис. 1 представлена программная реализация архитектуры НС с обозначенными атрибутами; а так же показана программная реализация графика демонстрации изменения метрики качества обучения «ошибка» в зависимости от итерации обучения.

```
Keras_backend.clear_session() #для очистки нумерации слоев в Keras
model = tf.keras.Sequential([
    keras.layers.Dense(30, input_dim = 1, activation = 'sigmoid'),
    keras.layers.Dense(1, activation = 'linear')])
model.compile(optimizer = 'sgd', loss = 'mean_squared_error')
xs = []
ys = np.array([
    -10.0, -9.0, -8.0, -7.0, -6.0, -5.0, -4.0, -3.0, -2.0, -1.0, 0.0,
    1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0], dtype = float)

def func(x):
    return 2 * x

for i in range(len(xs)):
    #yz[i] = func(xz[i])
    ys.append(func(xs[i]))
ys = np.array(ys)
print('xs: ', xs)
print('ys: ', ys)
history = model.fit(xs, ys, epochs = 100, verbose = 0)
print(model.evaluate(xs, ys))
plt.title('Изменение метрики обучения "ошибка" в зависимости от итерации обучения\n')
plt.xlabel('Итерация обучения, или эпоха (Epoch)')
plt.ylabel('Среднеквадратичная ошибка\n (mean_squared_error)')
plt.plot(history.history['loss'])
predict_value = 8.0
print('Число для предсказания: ', predict_value)
print('Предсказание: ', model.predict([predict_value]))
```

Рис. 1. Программный код ИНС

Часть вывода работы НС для предсказания решения линейного уравнения $Y = 2X$ представлена на рис. 2.

```

xs: [-10. -9. -8. -7. -6. -5. -4. -3. -2. -1. 0. 1. 2. 3.
     4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.]
ys: [-20. -18. -16. -14. -12. -10. -8. -6. -4. -2. 0. 2. 4. 6.
     8. 10. 12. 14. 16. 18. 20.]
1/1 [=====] - 0s 94ms/step - loss: 2.5730
2.5730435848236084
Число для предсказания: 8.0
1/1 [=====] - 0s 62ms/step
Предсказание: [[14.891846]]

```

Рис. 2. Предсказание НС

Архитектура НС для решения линейного уравнения представлена на рис. 3.

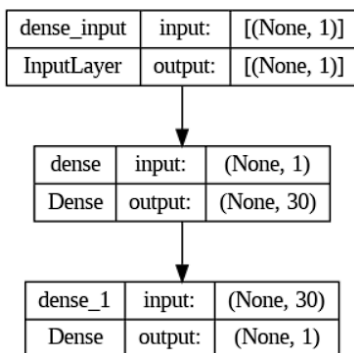


Рис. 3. Архитектура НС

На рис. 4 представлен программный код на языке программирования Python для вывода значений весов обученной НС, а также значение нейрона смещения. При этом необходимо отметить, что числа могут не соответствовать значениям весов в следующем вычислительном эксперименте, потому что распределение весов случайно, и в любом случае можно изменить значение гиперпараметра количество эпох обучения, тогда числа тем более будут отличаться.

Выведем график реальных и предсказанных значений. На рис. 5 представлен программный код для создания графика с целью сравнения реальных данных с предсказанными для линейного уравнения.

На рис. 6 показан график, на котором видно, что есть расхождения реальных и предсказанных значений.

```

for layer in model.layers:
    weights = layer.get_weights()#list of numpy arrays
    print(f'Веса: {np.around(weights[0],1)}')
    print(f'Нейрон смещения: {np.around(weights[1],1)}')

```

```

Веса: [[ 1.4]
 [ 1.2]
 [ 0.7]
 [ 1.1]
 [-1.5]
 [-1.3]
 [ 1. ]
 [-1.3]
 [ 1.4]
 [ 1.6]
 [ 0.7]
 [ 1.4]
 [ 1.3]
 [-1.3]
 [-1.3]
 [ 1.3]
 [-1.8]
 [ 1.1]
 [ 1.2]
 [-1.3]
 [-1.3]
 [-1.6]
 [ 1.5]
 [-0.8]
 [-1.4]
 [-0.5]
 [-1.4]
 [ 1.1]
 [ 1.1]
 [-1.4]]
Нейрон смещения: [-0.2]

```

а

б

а – программный код вывода весов НС, б – значения весов обученной НС и нейрона смещения

Рис. 4. Вывод весов обученной ИНС

```

x_pred = []
y_pred = []
for var in range (-10, 11):
    y_pred.append(model.predict([var])[0][0])
    x_pred.append(var)
plot_data = [go.Scatter(x = x_pred, y = y_pred, name = 'Предсказание',),
             go.Scatter(x = xs, y = ys, name = 'Реальные данные',)]
plot_layout = go.Layout(xaxis = {"type": "linear"},
                        title = 'График по реальным параметрам и график предсказаний (сильно приблизьте, чтобы увидеть ошибку)')
fig = go.Figure(data = plot_data, layout = plot_layout)
pyoff.iplot(fig)

```

Рис. 5. Программный код создания графика

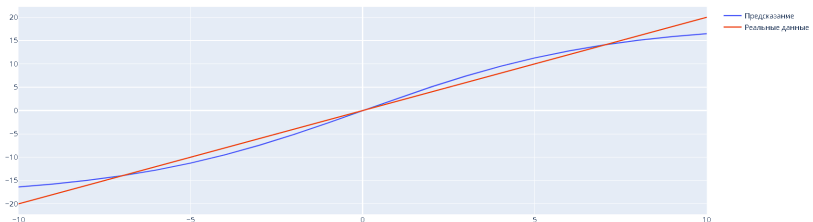


Рис. 6. График реальных данных с предсказанными НС

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что рассмотренный стек технологий (язык программирования Python, фреймворк TensorFlow, API Keras) достаточно эффективен для реализации обучения будущих инженеров ИНС на примере решения линейного уравнения. Далее целесообразно продолжить изучение ИС на примере решения задач регрессии и классификации ML, используя предложенный стек технологий.

Список литературы

1. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 г. Утверждена Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946/>
2. Далингер, В. А. Взаимная интеграция информационно-математической подготовки инженеров в эпоху цифровизации / В. А. Далингер, Н. А. Моисеева, Т. А. Полякова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2021. – Т. 14, № 9. – С. 1399-1419.
3. Моисеева, Н. А. Задачи информационно-математического моделирования как средство реализации междисциплинарной интеграции в преподавании математики и информатики в техническом вузе / Н. А. Моисеева, Т. А. Полякова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2022. – № 9. – С. 52-64.
4. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле; перевод с английского А. Кисилев. – СПб: Питер, 2023. – 576 с.
5. The Importance of Artificial Neural Networks in Engineering Tools [Электронный ресурс] – URL: <https://utilitiesone.com/the-importance-of-artificial-neural-networks-in-engineering-tools>

Секция 2
ЕГЭ по информатике

Смысловое чтение как средство развития познавательной активности при подготовке к итоговой аттестации

Е. В. Копаева, email: kopaeva_e@mail.ru

МБОУ СОШ № 66 г. Пензы имени Виктора Александровича Стукалова

***Аннотация.** В статье говорится о важности обучения смысловому чтению в процессе подготовки к итоговой аттестации. Владение навыками смыслового чтения позволяет расширять свои знания, ориентироваться в огромном потоке информации. Грамотное использование приемов смыслового чтения помогает обучающимся эффективно извлекать и воспроизводить информацию из текста, формирует и развивает умение работать с информацией. К стратегиям смыслового чтения относятся технологии, направленные на развитие критического мышления обучающихся, под которыми подразумевается процесс соотнесения внешней информации с имеющимися у человека знаниями.*

***Ключевые слова:** смысловое чтение, итоговая аттестация, информатика.*

Введение

В настоящее время обучающиеся российских школ перешли на обновленный Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования. Федеральный стандарт унифицирует подготовку обучающихся на всей территории Российской Федерации, поскольку содержат единые требования к содержанию и структуре учебных программ, условиям их реализации и результатам освоения; обеспечивают преемственность основных образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего профессионального образования [1].

Каждый стандарт включает в себя следующие требования.

– К структуре. Какие предметы изучать? Каким должен быть учебный план? Как развивать умение учиться? Как оценивать результаты? Какие приоритеты в воспитании?

– К условиям реализации. Сколько нужно учителей и других специалистов? Какие потребуются учебники и оборудование? Где будут проходить занятия?

– К результатам освоения. Как ребёнок общается? Самостоятельно ли выполняет задания? Есть ли у него собственная

позиция? Какими знаниями и умениями должен обладать ребёнок после освоения каждого школьного предмета?

Обновлённые ФГОС соответствуют современным требованиям, предъявляемым к качеству обучения, к результатам обучения, к содержанию учебных предметов, к методам обучения, к формам обучения.

В свою очередь основными задачами проведения государственного экзамена (ЕГЭ) по предметам являются повышение доступности профессионального образования, обеспечение преемственности общего и профессионального образования и формирование системы объективной оценки подготовки выпускников общеобразовательных учреждений. Одним из способов достижения качества и повышения результатов обучения являются формирование и развитие навыков смыслового чтения.

Смысловое чтение

Традиционный подход к формированию умения понимать текст не удовлетворяет современным требованиям. Современные дети мало и поверхностно читают, испытывают трудности в понимании и запоминании прочитанного, читают быстро, не вникая в содержание прочитанного, пропуская важные и полезные сведения. Поэтому обучение школьников приемам понимания текста надо рассматривать как особую психодиактическую задачу.

Новые стандарты в образовании незамедлительно требуют разработки совершенных методик обучения учащихся позволяющих повысить грамотность чтения обучающихся.

Глобальные процессы информатизации общества, увеличение количества информации, предъявление новых требований к ее анализу, систематизации и скорости ее переработки поставили теоретиков и практиков образования перед необходимостью разработки новых подходов к обучению чтению.

Смысловое чтение – это способность понимать и интерпретировать тексты на основе их содержания и контекста. В отличие от буквального чтения, которое фокусируется на точном воспроизведении слов и фраз, смысловое чтение включает в себя анализ и понимание глубокого значения текста. Цель смыслового чтения – максимально точно и полно понять содержание текста, уловить все детали и практически осмыслить извлеченную информацию. Смысловое чтение ставит задачи: прочесть, дать оценку информации, откликнуться на содержание [2].

При смысловом чтении читатель стремится понять основные идеи, цели автора, аргументы и точку зрения, выраженные в тексте. Это включает в себя способность распознавать ключевые слова и фразы,

анализировать и связывать информацию, определять взаимосвязи между идеями и делать выводы на основе представленной информации.

Смысловое чтение также включает в себя понимание намерений и эмоционального оттенка текста. Читатель учитывает контекст, тон и стиль письма, чтобы полностью понять сообщение и его подтекст.

Современные школьники успешно овладевают навыками технического чтения, темпом, правильностью, выразительностью, но, к сожалению, навык чтения у большинства учащихся бессознательный. Обучающиеся читают быстро, не вникая в содержание прочитанного, пропуская важные и полезные сведения. Уровень сформированности метапредметных результатов по смысловому чтению и работе с информацией – недостаточный.

Содержание смыслового чтения и работы с текстом.

Процесс чтения состоит из трех фаз:

- восприятие текста, раскрытие его содержания и смысла, своеобразная расшифровка;

- извлечение смысла, объяснение найденных фактов с помощью привлечения имеющихся знаний, интерпретация текста;

- создание собственного нового смысла, т.е. «присвоение» добытых новых знаний как собственных в результате размышления. Эта фаза включает в себя: выдвижение гипотез; высказывание предположений; моделирование; обобщение; применение на практике.

В ответ на прочитанное у читателя возникают собственные чувства, мысли, образы.

Для работы с научной, учебной литературой используется особый вид чтения рациональное чтение, которое включает в себя три этапа.

Первый этап позволяет сделать предварительные выводы о тексте на основе выборочного извлечения информации, проанализировать отдельные элементы текста, выборочно извлечь информацию провести анализ заголовка, отдельных элементов структуры текста, позволяющих узнать главное. Этот ориентировочное или ознакомительное чтение.

На втором этапе смыслового чтения происходит выделение ключевых слов и понятий, поиск конкретных, поиск конкретных данных (фамилии, слова, факты). Этот этап называется просмотрное или поисковое чтение.

Основное отличие смыслового чтения от любого другого в том, что при смысловом чтении читатель интерпретирует и наделяет смыслом текст. Этот вид чтения относится к метапредметным результатам освоения образовательной программы.

Формирование навыков смыслового чтения и умения работать с текстом теснейшим образом связано с личностными, познавательными,

регулятивными и коммуникативными универсальными учебными действиями. Для того, чтобы чтение было смысловым, обучающимся нужно четко понимать смысл текста, составлять систему образов, т.е. осуществлять познавательную деятельность. Когда учащийся внимательно вчитывается в каждую строчку, он проникается смыслом благодаря анализу текста, что влияет на его собственное развитие. Вдумчивое чтение активизирует работу воображения, создание образов.

Благодаря реализации стратегии смыслового чтения на уроках информатики качество усвоения учебной программы будет увеличиваться. На уроках необходимо организовывать грамотную систематическую работу с учебником. Давать разнообразные домашние задания, способствующие формированию и развитию навыков смыслового чтения. Важными навыками смыслового чтения являются анализ текста, выделение главных идей, поиск доказательств и поддержки, а также критическое мышление.

Для формирования умений работы с текстом различают следующие направления. Для обучающихся 5-8 классов это умение составить план прочитанного, воспроизведение текста по предложенному плану, умение применять образцы решения задач, запоминание определений, формул, законов.

Для обучающихся 9-11 классов это умение работать с чертежами и диаграммами, подтверждение научных фактов, конспектирование новой темы.

Таким образом, формирование умений и навыков смыслового чтения и понимания текста нужно начинать с понимания прочитанного на уроках в начальной школе. По мере перехода от класса к классу необходимо усложнять приемы, способы чтения и обработки информации.

В экзаменационных текстах государственной итоговой аттестации (ЕГЭ или ОГЭ) встречаются такие задания, для решения которых необходимы приемы смыслового чтения и работа с текстом. Для эффективной учебной деятельности предлагаем типы заданий, позволяющие развивать и проверять навыки смыслового чтения, а именно:

– Задания на «множественный выбор», то есть выбор правильного ответа из предложенных вариантов; определение правильных утверждений, соответствующих и не соответствующих содержанию текста; установление истинности или ложности информации по отношению к содержанию текста.

– Задание на «соотнесение» нахождение соответствия между вопросами, названиями, знаками, схемами, диаграммами и частями

текста нахождение соответствующих содержанию текста слов, выражений, пословиц, предложений.

– Задания на «дополнение информации»: заполнение пропусков в тексте предложениями, несколькими словами, словосочетаниями, то есть дополнение или завершение предложений.

– Задания на «перенос информации»: заполнение таблиц и дополнение таблиц схем на основе прочитанного текста.

– Задания на «восстановление деформированного текста»: расположение «перепутанных» фрагментов текста в правильной последовательности [3].

Рассмотренные выше типы заданий работы с текстом способствуют формированию и развитию навыков смыслового чтения, помогают обучающимся приобрести умение выделять главное, делать сравнение, устанавливать причинно-следственные связи и делать умозаключения, а также видеть смысл в информации, понимать проблему в целом. Это несомненно важно при решении задач государственного экзамена. При этом необходимо учитывать не только правильный ответ, но и время выполнения задания. В конечном итоге все эти факторы влияют на итоговый балл.

Анализ результатов ГИА показывает, что выпускники основной и средней школы при чтении текста умеют вычленять необходимую информацию, что подтверждают высокие результаты выполнения заданий, содержащих прямые вопросы к тексту. Гораздо хуже выполняются задания, в которых требуется извлечь информацию из таблиц, графиков и схем и сопоставить информацию из разных частей текста. К сожалению, не сформированными оказываются умения, связанные с преобразованием и использованием информации из текста, то есть именно те, которые необходимы для успешного продолжения образования.

Необходимо отметить, что ключевым фактором выполнения заданий ЕГЭ по информатике служит сформированность метапредметных навыков самостоятельного планирования и ведения целенаправленной деятельности, включая умение анализировать поставленную задачу и те условия, в которых она должна быть реализована, находить эффективные пути достижения результата, выявлять альтернативные нестандартные способы решения познавательных задач, оценивать правильность выполнения поставленной познавательной задачи [4].

Заключение

Смысловое чтение является важным навыком как в учебной среде, так и в повседневной жизни. Оно помогает людям эффективно

обмениваться информацией, анализировать тексты, принимать обоснованные решения и развивать свои мыслительные способности. Читатель также может использовать свои предыдущие знания и опыт для интерпретации текста и формирования собственной точки зрения.

Только систематическая работа по развитию навыков смыслового чтения на всех ступенях обучения способна решить проблему формирования грамотного читателя. Для этого необходимо правильно выстроить весь инструментарий и задействовать его и в учебной, и во внеучебной работе, а также при подготовке к итоговой аттестации.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://fgos.ru/fgos/fgos-ooo/>

2. Чат GPT Next: Модели GPT-4, GPT-4 Vision и GPT- 3.5 на русском- Онлайн Бесплатно [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gpt-chatbot.ru/chat-gpt-next-onlajn-besplatno-na-russkom-vkljuchaet-v-sebya-modeli-gpt-4-gpt-4-vision-gpt-3-5>

3. Пяткова, О. Б. Формирование стратегий смыслового чтения текстовой информации у обучающихся // Научно - методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – № V7. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://e-koncept.ru/2017/170162.htm>

4. Крылов, С. С. Аналитический отчёт о результатах участников ЕГЭ 2023 года по информатике, включая методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2023 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2023/inf_mr_2023.pdf

Секция 3
Проектная технология
обучения на основе ИКТ

Использование ИКТ в процессе создания проектов по истории

Е. Ф. Гребенюк, email: lana-grebenjuk@mail.ru
Н. П. Старикова, email: starikovvanp@gmail.com

МБОУ «Лицей № 15» г. Воронежа

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются возможности использования программы Microsoft Power Point и других сервисов в процессе создания проекта в виде маршрута онлайн- экскурсии виртуального музея.*

***Ключевые слова:** Microsoft Power Point, онлайн-экскурсия, виртуальный музей, сервис Tour Builder, сервис Google Earth, сервис Tour Creator, национальный проект «Образование», цифровизация образования.*

Введение

Активизация познавательной деятельности учащихся была и остается одной из вечных проблем педагогики. И очень важно, на мой взгляд, организовать учебную работу так, чтобы мотивация к изучению той или иной науки со временем не угасала, а, наоборот, возрастала, удовлетворяя интересы школьника. Ведь познавательная активность имеет двойную нагрузку: дает психологическое и моральное удовлетворение и одновременно активизирует область дальнейшего совершенствования. В современной школе сегодня особое внимание уделяется формированию функциональной грамотности учащихся, что позволяет развивать различные компетентности и использовать интеграцию разнообразных знаний школьников. В этом отношении, наиболее удачной формой выступают проектные технологии.

1. Интеграция исторических знаний с навыками использования ИКТ в проектной деятельности

Согласно обновленным ФГОС проектная деятельность в школах регламентируется нормативными документами и обязательно включена в работу педагогов, урочную и внеурочную деятельность. Главными критериями проекта выступают: научная новизна, практическая значимость, эффективность. Проект в широком смысле – это деятельность, ограниченная во времени. У проекта всегда есть цель – прийти к какому-то выводу или создать продукт или услугу. На примере

рассмотрения проекта по истории на тему: «Создание виртуального музея: «Подвиг воронежцев, погибших в Афганистане, увековеченный в мемориальных досках» [1-3], мне хотелось бы остановиться на этапе создания маршрута онлайн-экскурсии, визуализации проекта. Следует отметить интеграцию исторических знаний с навыками использования ИКТ при создании виртуального музея и проведении онлайн-экскурсии.

Одним из самых популярных инструментов для презентации результатов своей деятельности является программа Microsoft Power Point. Эта программа предоставляет большой набор функций и возможностей, позволяющих продемонстрировать результаты своей работы. Использование гиперссылок позволяет осуществлять переход между страницами музея, открывать нужные изображения.

2. Возможности программы Microsoft Power Point и других сервисов при создании виртуального музея проведения онлайн-экскурсии

Возможности программы Microsoft Power Point включают в себя создание слайдов, где могут быть размещены текстовый, графический материал, медиа-файлы. Программа содержит функцию автоматической презентации, которая позволяет настроить автопереключение слайдов, время перехода между слайдами и другие опции. Учитывая индивидуальные потребности пользователя, Microsoft Power Point является удобным и доступным инструментом для создания различного рода презентаций.

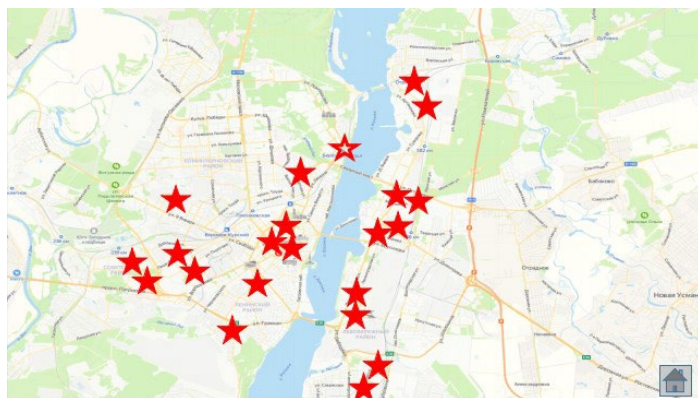


Рис. 1. Главная страница виртуального музея

В процессе создания онлайн-маршрута в нашем случае необходимо было использовать навыки работы в программе Microsoft Power Point.

Графически разместив объекты маршрута на главном слайде, надо было обеспечить текстовую справочную информацию на других слайдах и настроить переход от справочной информации к онлайн-карте. Для этого, осуществив переход по вкладке «Вставка» и нажав кнопку «Фигуры», была выбрана фигура для кнопки в нижней части меню «Управляющие кнопки» и перемещена на слайды. В меню «Настройки действия», выбрав «Перейти по гиперссылке», была создана возможность перехода от обозначенных на онлайн-маршруте пунктов к отдельным объектам онлайн-карты. Кроме этого, дизайн презентации также был создан в данной программе. Это позволило реализовать проект онлайн-экскурсии по экспозициям виртуального музея.

Следует отметить, что существует значительное число сервисов, позволяющих самостоятельно создавать виртуальные экскурсии [4,5]. В частности, сервис Tour Builder, разработанный Google. Инструмент работает на основе сервиса Google Earth. Чтобы создать онлайн-экскурсию на базе данного сервиса, надо лишь выбрать маршрут, добавить описание, фотографии и видео. Сервис Tour Creator создан на основе Google и предназначен для создания виртуальных туров на основе карт Google.

Заключение

Таким образом, обобщив все вышесказанное, хочется отметить роль проектной деятельности в школе, которая понимается как активная форма обучения, способствующая формированию универсальных интегрированных умений и навыков. В свою очередь, в рамках реализации национального проекта «Образование» все большая роль будет отводиться цифровизации образовательного процесса, что означает повышение компьютерной грамотности и широкого использования ИКТ всеми участниками образовательного пространства как в учебном, так и в организационном процессах через электронные дневники и журналы, а также электронное общение.

Список литературы

1. Кононов, В. И. Воронеж : история города в памятниках и мемориальных досках / Валерий Кононов ; [вступ. ст. Б. М. Скрынникова]. - Воронеж : Центр духовного возрождения Черноземного края, 2005. - 349, [3] с.
2. Амелькин, А. О. Дни воинской славы России / А. О. Амелькин. – Воронеж : Центр духов. возрождения Чернозем. края, 2005 (ФГУП ИПФ Воронеж). – 109, [2] с.
3. Афган: война без линии фронта [Текст] : сборник воспоминаний воронежцев, участников Афганской войны : [1979-

1989 г.] / [редакционная коллегия: В. Г. Руденко (редактор-составитель) и др.]. – Воронеж : [б. и.] ; Тамбов : Тамбовский полиграфический союз, 2016. – 391 с.

4. Сервисы для создания виртуальных экскурсий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.edunco.ru/4-servisa-dlya-sozdaniya-virtualnyh-ekskursij/>

5. Памятник Воинам–Интернационалистам (Воронеж) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://histrf.ru/read/articles/pamyatnik-voinam-internacionalistam-voronezh>

ИКТ в проектной деятельности учащихся: обновленные ФГОС и мотивация к успеху

Н. А. Гречишникова, email: sch2-2005@yandex.ru

Е. В. Заболотских

МКОУ «Новоусманская СОШ № 2»

***Аннотация.** Главной целью проектной деятельности это исследование возможностей использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в проектной деятельности согласно обновленным Федеральным государственным образовательным стандартам (ФГОС). Благодаря ИКТ ученики получили новые возможности для креативного исследования и презентации информации. Аннотация проекта представит основные результаты работы учащихся и интересные находки, которые они сделали в ходе использования ИКТ в своей проектной деятельности. В статье сделан анализ некоторых используемых ресурсов в педагогической деятельности.*

***Ключевые слова:** проектная деятельность, Izi.travel, ArgGIS Onlint. mBlock 5, информационно-коммуникационные технологии.*

Введение

В настоящее время в образовательном процессе важное место занимают информационные технологии.

Использование этих технологий позволяет сделать учебный материал доступным и интересным для учащихся, а также развивает их навыки работы с новыми технологиями. Федеральные государственные образовательные стандарты были обновлены с целью интеграции информационно-коммуникационных технологий во все уровни образования.

Еще одним важным элементом проектной деятельности является исследовательская работа, которая позволяет учащимся самостоятельно формулировать проблемы, определять цели и задачи и проводить исследования для их решения. Этот подход развивает навыки самостоятельной работы, критического мышления и решения проблем.

Ключевым фактором успеха в проектной деятельности является мотивация учащихся. Заинтересованные ученики более эффективно усваивают материал, активно участвуют в процессе и достигают лучших результатов. Поэтому в рамках проектной деятельности особое

внимание уделяется созданию интересных и актуальных задач, которые стимулируют ученический интерес и мотивацию.

1. Роль информационно-коммуникационных технологий в проектной деятельности учащихся

Роль информационно-коммуникационных технологий в проектной деятельности учащихся нельзя недооценивать. Они предоставляют широкие возможности для сбора, обработки и представления необходимой информации. Благодаря ИКТ, ученики эффективно организуют свою работу, обмениваются идеями и координируют свои действия в рамках проектной группы.

Использование ИКТ также позволяет ученикам получить доступ к разнообразным источникам информации. Интернет предоставляет актуальные и достоверные материалы, которые помогают глубже изучить тему проекта и разработать качественные решения.

В добавок к этому, ИКТ предоставляют ученикам возможность использовать различные инструменты для создания презентаций, видеоматериалов и аудиозаписей. Это не только делает проект более интересным и креативным, но и развивает навыки работы с современными технологиями.

Таким образом, информационно-коммуникационные технологии являются неотъемлемой частью проектной деятельности учащихся, обеспечивая доступ к информации, средства для ее обработки и представления, а также возможность эффективного взаимодействия с другими участниками проекта. Использование ИКТ в проектной деятельности способствует развитию учеников, помогает им приобретать новые знания и навыки, а также стимулирует их творческое мышление для решения задач. Новые Федеральные государственные образовательные стандарты значительно изменили образовательный процесс, особенно с точки зрения использования информационно-коммуникационных технологий в проектной деятельности. Теперь компетенция по использованию ИКТ в проектной деятельности является обязательной для всех учеников и представляет собой неотъемлемую часть содержания образования. Учащиеся должны овладеть навыками работы с различными ИКТ, такими как компьютеры, интернет, программы для создания презентаций и документов, а также уметь применять их в проектной работе.

2. Основные изменения в Федеральных государственных образовательных стандартах, связанные с использованием ИКТ в проектной деятельности

Новые Федеральные государственные образовательные стандарты внесли значительные изменения в образовательный процесс, особенно в части использования информационно-коммуникационных технологий в проектной деятельности. Это связано с необходимостью подготовки учащихся к современной жизни, где ИКТ играют важную роль во всех сферах деятельности.

Одним из основных изменений является включение компетенции по использованию ИКТ в проектной деятельности в обязательный минимум содержания образования. Это означает, что каждый ученик должен овладеть навыками работы с различными ИКТ, такими как компьютеры, интернет, программы для создания презентаций и документов, а также уметь применять их в проектной работе.

Кроме того, в обновленных стандартах уделяется большое внимание развитию информационной грамотности учащихся. Это включает в себя умение критически оценивать информацию, умение работать с большим объемом данных, умение выбирать наиболее подходящие ИКТ для решения конкретных задач.

3. Применение ИКТ в учебных проектах

Проектная деятельность является важной частью образовательного процесса, в которой учащиеся могут применить свои знания и навыки на практике. С развитием информационных технологий (ИКТ), появились новые возможности для организации проектной деятельности [1-4]. Одним из таких инструментов является платформа Izi.travel, которая позволяет создавать интерактивные маршруты и экскурсии с использованием геолокации и мультимедийных материалов.

Применение Izi.travel в проектной деятельности учащихся позволяет создавать увлекательные и познавательные маршруты, которые могут быть использованы в качестве дополнительного материала на уроках и во внеурочное время. Например, ученики могут создать маршрут по историческим местам своего города, добавив к нему фотографии, видео и аудио-комментарии. Такой проект позволит учащимся не только изучить историю своего региона, но и развить свои навыки работы с ИКТ.

Для создания аудио-тура необходимо пройти несколько этапов. Первым шагом является планирование тура. Ученики выбирают тему и места, которые хотят включить в свой тур, а также определяют цели и задачи, которые они хотят достичь. Это позволяет им организовать свою работу и сделать ее более целенаправленной.

Далее следует подготовка материалов для тура. Ученики исследуют выбранные места, собирают информацию и фотографии, которые будут использоваться в аудио-турах. Они также могут создавать свои собственные тексты и аудиозаписи, чтобы сделать тур более интересным и уникальным.

После этого ученики переходят к конструированию тура в программе Izi.travel.

Еще одним полезным инструментом для проектной деятельности учащихся является платформа ArcGIS Online. Она позволяет создавать интерактивные карты с использованием геоданных и различных слоев информации. С помощью ArcGIS Online ученики могут создавать проекты, связанные с изучением географии, экологии, геологии и других наук.

С использованием ArcGIS Online школьники имеют возможность разрабатывать проекты, связанные с изучением географии, экологии, геологии и других наук. Они создали проект о памятниках природы Новоусманского района и пришли к выводу, что этот район подходит для организации экологического туризма.

Таким образом, использование ИКТ в проектной деятельности учащихся с помощью платформ Izi.travel и ArcGIS Online позволяет не только сделать учебный процесс более интересным и увлекательным, но и развить навыки работы с современными технологиями. Это помогает подготовить учащихся к будущей профессиональной деятельности и повысить их общую компетентность.

Помимо использования интернет ресурсов, проектная деятельность также предусматривает использование программы mBlock 5 – это платформа для создания проектов, которая предоставляет возможность реализовать свои идеи и воплотить их в жизнь. Эта платформа подходит для любого уровня знаний - от начинающих до опытных пользователей. В этой среде можно плавно переходить от блоков к более сложным языкам программирования. Также есть возможность создавать собственные персонажи и фоны, добавлять новые функции или создавать свои программы.

Благодаря ее интуитивно понятному интерфейсу и множеству готовых шаблонов, можно создавать проекты в различных областях таких как робототехника, интернет вещей, игры и многое другое. Ученики МКОУ «Новоусманская СОШ № 2» создают мультипликацию и игры так же, как это делают в Scratch.

Учителя предметники осуществляют сопровождение проектной деятельности учащихся, в которой используются компьютерные технологии.

Заключение

Использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе влечет за собой повышение мотивации учебной деятельности, повышает возможность вариативности способов получения образования, способствует развитию познавательной самостоятельности обучающихся. Такая методика предполагает устранение прямой зависимости обучаемого от преподавателя путем перестраивания их отношений в процессе активно-познавательной мыслительной деятельности.

Благодаря использованию различных электронных инструментов и программ, ученики становятся активными участниками образовательного процесса. Задачи, ранее доступные лишь в теории, теперь становятся реальностью благодаря созданию проектов с использованием ИКТ.

Мотивация к успеху является критическим фактором в процессе обучения и проектной деятельности. Замена традиционного подхода к обучению на интерактивный, основанный на использовании ИКТ, способствует повышению мотивации учащихся к изучению и развитию своих навыков.

Список литературы

1. Intel «Обучение для будущего» (при поддержке Microsoft): Учеб.пособие. – 3-е изд. испр. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2004. – 368 с.
2. Бурункин, Д. А. Инновационные проекты муниципальной системы образования / Д. А. Бурункин, Л. В. Шмелькова; ИПК и ПРО Курганской области. – Курган, 2005. – 102 с.
3. Варченко, В. И. Способы проведения занятий с использованием ПМК «Радуга в компьютере». Материалы XI Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». Троицк: «Байтик», 2000.
4. Дружинин, В. И. организация инновационной деятельности в образовательных учреждениях./ В. И. Дружинин, Н. А. Криволапова; ИПК и ПРО Курганской области. – Курган, 2008. – 85 с.

Секция 4
Компьютерное
моделирование в
образовании

Принципы и модели интеллектуальных систем гормонального управления качеством образовательных процессов на основе нейротрансмиттерных интерфейсов биоцифровых платформ

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 статье рассматриваются принципы и модели интеллектуальных систем гормонального управления качеством образовательных процессов на основе нейротрансмиттерных интерфейсов биоцифровых платформ. Системы позволяют реализовывать персонализированный мониторинг и учет учебно-воспитательных испытаний, обеспечивая количественное и качественное управление показателями качества воспитания и обучения с учетом неокортикальных и лимбических гормональных особенностей сознания, мышления и поведения обучаемых.*

***Ключевые слова:** интеллектуальные системы, нейротрансмиттерные интерфейсы образования, гормональное управление поведением, социобиоцифровые платформы, компьютерные модели, качество обучения и воспитания*

Введение

Персональные данные пользователей цифровых платформ и социальных сетей могут быть представлены различными способами [1,2]. В настоящее время, как правило, традиционная письменная и устная речь пользователей цифровых платформ и социальных сетей все чаще заменяется образами – короткими, не особо понятными и связанными фразами, «статусами», символами, смайликами, инфо- и деловой графикой, картинками и фотографиями которые передаются программами-клиентами для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде [3-5]. Такой контент, его форма, качество и современные интерфейсы работы в электронной среде цифровых платформ и социальных сетей ориентированы в основном на обращение к архаично-примитивной так называемой лимбической системе подсознания / мышления пользователей, в том числе обучаемых

и преподавателей [6,7]. Управление интерфейсами в таких лимбически ориентированных сетях осуществляется в основном на основе достаточно примитивных тактильных операций – выбора режимов из меню т.е. простого «выбора» пальцами или стилусом по контенту.

Между тем качество и цели естественного образовательного процесса развития сознания, обучаемых по-прежнему требуют активизации и реализации более сложных интерфейсов и процессов обращения к системам неокортекса обучаемых. Как следствие у обучаемых часто возникает двойственность лимбического и неокортикального способов обработки поступающей информации, ее понимания и идентификации, интерпретации потоков данных, отношения к окружающим воспитательным и образовательным процессам. Зачастую это приводит к тому, что регулирование сознания и управление поведением обучаемых со стороны преподавателей или родителей осуществляется как правило, уже на границе/балансе между понятиями «надо» и «хочу».

Принципы и модели интеллектуальных систем гормонального управления качеством образовательных процессов на основе нейротрансмиттеров интерфейсов биоцифровых платформ

В условиях цифровой трансформации при внедрении использовании современных теорий образования [8-12] цифровых платформ, умных городов, [13] электронных сред и нейронных сетей у преподавателей и работодателей в лице владельцев корпораций и отечественных элит появились уникальные возможности для сбора и анализа детальной и порой даже скрытой от понимания самих обучаемых, родителей и учителей персональной информации, которую можно эффективно собирать, передавать и использовать [14] для профессиональной ориентации, управления и манипулирования сознанием, мышлением и эмоциями как самих обучаемых, так и их преподавателей / родителей, а также для принятия возможных решений о различных свободах и ограничениях, [15] например возможностях, прав и свобод в зависимости от занимаемого на данный момент времени социального рейтинга в учебном заведении и/или социуме [16,17]. Многофункциональные фильтры и многоуровневые контентные сетки современных нейронных сетей искусственного интеллекта позволяют фиксировать, сохранять и использовать персональные особенности обучаемых, их родителей и преподавателей например эмоциональные характеристики: 1) реакции глаз и рук, 2) паузы и задержки движений, 3) типы движений, в том числе зрачков и пальцев, 4) особенности изучения контента, поведения, дыхания, работы сердца и др., 4) повороты головы, 5) жесты, 6) тексты и символы, 7) изображения, 8)

звуки, 9) температуру частей тела и далее строить персональные цифровые профили / аватары – виртуальные модели обучаемых и преподавателей и использовать их для дальнейшего управления социумом. Цифровые аватары – виртуальные модели обучаемых, их родителей и преподавателей конструируются в виде достаточно сложных и многомерных сеток, каждый уровень которых описывает индивидуальные особенности цифрового профиля обучаемых. При этом в процессе эксплуатации этих многомерных цифровых аватаров – персональных сеток и сами персональные сетки, безусловно, продолжают непрерывно учиться и сопровождать каждого своего обучаемого как клиента-пользователя, изучая его особенности, как бы «присасываясь» все шире и глубже к личности, изучая его особенности и реакции с целью прогнозирования и «предугадывания» его дальнейшего поведения и таким образом непрерывно может накапливаться контент для возможного манипулирования поведением, сознанием и мышлением обучаемых, их родителей и преподавателей.

Для изучения потребностей/склонностей/предпочтений/желаний обучаемых, их родителей, преподавателей цифровые платформы, как правило, используют различные по продолжительности познавательные/учебные/игровые/развлекательные видеоролики и такой игровой и «лимбический» контент и юмор ориентирован в основном на подсознание. При этом, чем меньше время обучаемый тратит на просмотр такого учебно-игрового или развлекательного «лимбического» контента, тем как правило, меньше возможностей «включения» логических и рассудочных инструментов неокортекса сознания обучаемых и тем естественно у цифровых платформ будет больше возможностей для манипуляции сознанием и поведением обучающихся. Таким образом, вне зависимости хочет ли обучаемый просматривать учебный материал или нет все развлекательные и игровые учебные ролики цифровых платформ могут достаточно просто манипулировать обучаемым на уровне лимбической системы мышления, при этом не оставляя возможности, например, для критического анализа и понимания контента и тем самым будут уменьшаться шансы «включения» неокортикальной системы обучаемых.

Современная нейронная сеть может достаточно быстро и точно собирать, фиксировать и понимать информацию о том, какие именно познавательные/учебные/игровые ролики и контент вызывают у обучаемых наибольшее/наименьшее желание их просмотреть, какой контент вызывает наибольший/наименьший позитив/негатив. Переходы между позитивными и негативными состояниями эмоционально-гормонального фона приводят к выделению в организме обучаемых

/родителей / преподавателей нейротрансмиттерами/нейромедиаторами биологически активных химических веществ: 1) аминокислот, 2) катехоламинов, 3) моноаминов на основе которых осуществляется изменение трансмембранного тока ионов на основе деполяризации мембран и возникновения передачи электрохимических импульсов в мозге при просмотре/прослушивании контента /или изменения потенциала действия в мышцах слушателя в процессе просмотра/прослушивания контента, 4) различных гормонов – дофамина, опиоидов, эндорфинов, окситоцина, каннабиноидов, серотонина и др.

Психика, эмоции и поведение обучаемых, родителей и преподавателей это, прежде всего гормональная система и она неизбежно адаптируется и перестраивается со временем. Частое и непрерывное переключение учебного контента приводит к неизбежному и тотальному чередованию психических и эмоциональных состояний обучаемых/преподавателей и как следствие ведет к постоянным эмоциональным и гормональным стрессам/ударами на сознание/мышление и подсознание обучаемых.

Особенности гормональной регуляция поведения, как и репродуктивные функции, как правило, передаются обучаемым по наследству и при правильном использовании этих систем мозг значительно экономит энергию. Если же на практике, например в процессе потокового игрового, познавательного или развлекающего контента обучаемым предлагать готовые алгоритмы поведения и мышления, то мозг практически сразу получит «инъекцию» оценки «качества» контента – эндогенных каннабиноидов (анандамида и/или 2-арахидоноилглицерина). Лимбическая система сознания/мышления у обучаемых отвечает в основном за формирование и подкрепление как положительных состояний – удовлетворения, удовольствия, вознаграждения, смеха, так и отрицательных – зависимости, агрессии, страха, эффекта плацебо и др. Управляя влиянием специально подобранного потокового учебно-познавательного, игрового, или развлекающего контента цифровых платформ мы можем влиять на лимбическую систему сознания / мышления обучаемых, которая может непрерывно требовать получения все нового и нового эмоционального удовольствия, вознаграждения, например даже в виде простого смеха и/или юмора.

Таким образом, для повышения качества обучения и воспитания обучаемых с использованием биосоциодифровых платформ целесообразно использовать модели интеллектуальных систем гормонального управления качеством образования на основе

нейротрансмиттерных интерфейсов биоцифровых платформ с учетом характера особенностей функционирования индивидуальных нейротрансмиттеров обучаемых, их родителей и преподавателей. На базе таких моделей интеллектуальных систем можно реализовывать как качественное так и количественное управление параметрами мозговой деятельности: 1) торможением, 2) возбуждением, 3) поощрением и/или наказанием поведением / сознанием обучаемого, в том числе чувствами удовлетворения/неудовольствия, предвкушения и/или ожидания удовольствия и/или удовлетворения, 4) лимбической системой сознания – инстинктивно-рефлекторными инструментами регулирования раздражений и инстинктивно-гормональными (половыми, центрами агрессии и пр.), 5) режимами бодрствования и/или сна, 6) понижением/повышением мышечного тонуса организма, 7) зависимостями /стрессами /депрессиями/ состояниями тоски/печали при которых, например, блокируется выработка нейротрансмиттеров (дофамина, окситоцина, эндорфина, каннабиноидов, серотонина др.), 8) эффективностью репродуктивных контактов при решении в том числе биологических задач: 8.1) питания, 8.2) доминирования в учебном социуме, 8.3) регулирования межполовых отношений и процессов размножения.

Изучая персональные данные – тактильное, физическое, речевое, мыслительное поведение и реакции, пользователей-обучаемых нейронные сети цифровых платформ могут изучать и анализировать особенности и качество индивидуальной системы нейротрансмиттеров/нейромедиаторов обучаемых, тем самым сети цифровых платформ могут все более эффективно и сами учиться, и управлять и манипулировать гормональными и эмоциональными системами обучаемых, их родителями и преподавателями. Например, цифровая платформа предоставляет учебный видео-игровой контент и по поведению обучаемого изучает/анализирует насколько этот контент понравился обучаемому, например досмотрел ли обучаемый его до конца, как обучаемый отреагировал на него и таким образом интеллектуальная система учится выдавать обучаемым именно тот учебно-игровой контекст который гарантированно обеспечит выделение у пользователей требуемых нейромедиаторов «гормонов счастья» – эндорфинов, окситоцина, серотонина, эндоопиоидов и др.

На практике модель интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов регулирования выработки дофамина позволит осуществить поиск и мотивировать обучаемых, которые «уже ждут» какого-либо вознаграждения оказывая влияние на элементы сознания: 1)

формирование мотивации, 2) чувства, удовольствия, 3) ощущения, периоды ожидания наград / желаний / положительных событий/воспоминаний о приятном, 4) эмоциональные реакции, сопровождающие двигательную активность. Выделению дополнительного дофамина в организме обучаемых также будет способствовать: 1) получение субъективно приятного опыта, более быстрое достижение учебной цели и/или предвкушение этого момента, например, мысли о достижении задуманного или триумфе, 2) возможности эффективного обучения и самообучения, в том числе и на своих ошибках; однако при этом нужно учитывать что нехватка дофамина может привести у обучаемых к игнорированию собственного негативного опыта, вызывать чувство привязанности/любви, 3) развитию тактильных ощущений, 4) чрезмерному употреблению любимой пищи содержащей, например тирозин – мясо, бобовые (соя, чечевица, фасоль), орехи, сыр, творог, 5) либо организация дополнительного отдыха либо наоборот физическая активность, например полноценный сон, занятие спортом, пробежки. Между тем, нужно учитывать, что выработку дофамина блокирует злоупотребление жирной и сладкой пищей, которые приводят и к перееданию и к пищевой зависимости. Однако в модели автоматизированного управления дофамином нужно учитывать, что он: 1) повышает артериальное давление, частоту и силу сердечных сокращений обучаемых, 2) расслабляет гладкую мускулатуру желудка и кишечника, 3) увеличивает фильтрацию жидкости, кровотоков в почках, ускоряет выделение натрия с мочой, что может негативно влиять на самочувствие обучаемых.

Модель интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов регулирования выработки эндорфинами: 1) способствуют формированию образного мышления, ассоциаций и творческих фантазий обучаемых, 2) обеспечивают значительную стрессоустойчивость и поощрение обучаемых; обучаемый благополучно преодолевший опасную учебную ситуацию, получает поощрение в виде стимуляции центров удовольствия и чувство эйфории, 3) обеспечивают регуляцию возбуждения и торможения мозговой активности. В начальной фазе обучения она предполагает инициацию учебного стресса при котором должна быть активирована подсистема усиливающая продуктивное мышление обучаемых, а на последующей стадии обучения предполагается активизация торможения обучаемых организм которых в результате должен переходить в режим сбережения энергии. Активному выделению эндорфинов будет способствовать: 1)

позитивное мышление обучаемых – приятные мечты, удовольствия, вкусная и любимая еда, состояние блаженства, 2) солнечный свет и ультрафиолет, под действием которого увеличивается концентрация эндорфинов в организме обучаемых.

Модель интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов регулирования выработки окситоцина, который вырабатывается в центральной нервной системе (гипоталамусе) и поступает в гипофиз способствует факторам наибольшей эмоциональной привязанности и стрессоустойчивости обучаемых. Выделению окситоцина способствуют тактильные прикосновения, в том числе и в различных гаджетах, чувство доверия, боль, в том числе хроническая, любимая пища, физические упражнения, хорошее настроение и «расположение духа». Проблемы с выработкой окситоцина могут вызывать отсутствие у обучаемого дружбы/любви, депрессия и изоляция, например от одноклассников и социума.

Модель интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов регулирования выработки серотонином: 1) также способствует хорошему настроению, 2) улучшает память, 3) внимание, 4) восприятие, 5) ускоряет и облегчает движения, 6) обеспечивает полноценный сон. При этом нужно учитывать что дополнительному формированию и выделению серотонина у обучаемых способствуют: 1) триптофан содержащийся в молочных продуктах, сыре, финиках, сливах, инжире, томатах, сое, черном шоколаде, 2) магний, который содержится во фруктах, орехах, бобовых и цельных зернах, 3) Витамин D (солнечный свет).

Модели интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов регулирования выработки эндоканнабиноидами может играть роль активизаторов организма обучаемых, например, во многих аспектах нейронных функций, включая контроль/координацию движений, обучения, памяти, эмоций, мотивации, поведения, привыкания, модуляции боли, а также для регуляции физиологических и когнитивных процессов, настроения, аппетита, активности иммунной системы, болевых ощущений и др. Таким образом, модели интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов регулирования выработки нейромедиаторов – «гормонов счастья»: эндорфинов, окситоцина, серотонина, эндоопиоидов работая совместно с системами питания, физическими нагрузками и образом жизни могут существенно повысить

качество образования и воспитания обучаемых в условиях разработки и эксплуатации биоцифровых платформ электронного обучения.

Заключение

Используя модели интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов управления учебным, игровым и познавательным контентом цифровые платформы могут собирать информацию о обучаемых, анализировать лимбическую, гормональную и неокортексальную системы и на основе этого могут находить информационные «уязвимости / чувствительности / неустойчивости / эмоциональные дыры», через которые можно получать доступ к скрытым активностям/возможностям персональных нейромедиаторов обучаемых. При этом возникают и дополнительные риски так как искусственная активизация нейромедиаторов может привести к тому, что обучаемый, может постепенно разучиться получать удовольствие от традиционных занятий и стимулов. Например, некоторые обучаемые даже на стадии открытия цифровой платформы развлечений сети TikTok уже чувствуют внутреннюю радость.

Модели интеллектуальной системы гормонального управления образованием на основе нейротрансмиттерных интерфейсов цифровых платформ должны подбирать такие режимы и содержание подачи контента под влиянием, которых осуществляется непрерывная и управляемая искусственная активизация организма внутренними нейромедиаторами, например дофамином. Таким образом, увеличиваются риски того что обучаемые находясь в таких учебных сетях могут попадать в непрерывную зависимость от сетевого учебного контента, а интеллектуальные подсистемы между тем постепенно все глубже и шире будут учиться создавать все более проникающий контент и таким образом будет происходить искусственное интеллектуальное управление естественным гормональным фоном обучаемых на фоне действия естественных гормонов без химического ведения непосредственно самих химических веществ заменителей нейромедиаторов. [5] [6] [20]

Список литературы

1. Копыльцов, А. А. Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем / А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Вестник Нижневартского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 32-36.
2. Савельев, С. Д. Информационная модель распределенной автоматизированной информационной системы кадрового учета в финансовом университете при Правительстве РФ на основе удаленного

вызова процедур «Тонкий клиент» / С. Д. Савельев, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 218.

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. – 2015. – С. 92.

4. Копыльцов, А. А. Цифровые образовательные ресурсы и их роль в современном образовании / А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2020. – Т. 1. – С. 320-322.

5. Копыльцов, А. В. Оценка качества программного обеспечения / А. В. Копыльцов // Институт информатизации образования (Северо-Западный филиал); ЛГОУ им. А.С. Пушкина. – Санкт-Петербург, 2000.

6. Шагай, М. А. Современные тенденции и особенности управления качеством обучения в системе среднего образования Ленинградской области в информационной среде / М. А. Шагай, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 125.

7. 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. – 2015. – С. 100.

8. Levina, A. I. Digital transformation of business: approaches and definitions / A. I. Levina, A. A. Galanova // Technoeconomics. – 2022. – Т. 1. – № 1 (1). – С. 65-74.

9. Maydanova, S. A. Digital transformation strategy development in an enterprise architecture context / S. A. Maydanova, I. V. Ilin // Technoeconomics. – 2023. – Т. 2. – № 1 (4). – С. 64-75.

10. Xiaohe, X. Digital transformation trends of China's insurance industry after the COVID-19 pandemic / X. Xiaohe // Tomsk State University Journal of Economics. – 2021. – № 54. – С. 228-238

11. Гладилина, И. П. Цифровая трансформация образования: зарубежный и отечественный опыт / И. П. Гладилина, И. Г. Ермакова // Современное педагогическое образование. – 2021. – № 3. – С. 8-12.

12. Мынбаева, А. К. Обзор новейших теорий образования: Педагогика 2.0, Образование 3.0 и Хьютагогика (Эвтагогика) / А. К. Мынбаева // Вестник Казахского национального университета. Серия Педагогические науки. – 2019. – Т. 61. – № 4. – С. 4-16.

13. Сафиуллин, А. Р. «Умный город»: ключевые характеристики в условиях четвертой промышленной революции / А. Р. Сафиуллин, А. А. Александров // Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы. Под редакцией А.В. Бабкина. – 2018. – С. 69-80.

14. Ситдииков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдииков, И. Ю. Буснюк, Е. О. Тулий, Г. В. Абрамян / Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18.

15. Кусаинова, А. С. Инструменты и методы оценки функционирования IT-инфраструктуры высшего учебного заведения / А. С. Кусаинова // Вестник университета Туран. – 2016. – № 4 (72). – С. 297-300.

16. Denisova, A. L. Digital transformation and corporate strategy / A. L. Denisova, A. N. Lopatnikov // Upravlenie. 2022. – Т. 10. – № 2. – С. 71-79

17. 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. – 2015. – С. 213.

18. Абрамян, Г. В. Риски и угрозы электронного обучения в условиях экосистемы цифрового образования / Г. В. Абрамян // Современное образование: традиции и инновации. – 2023. – № 2. – С. 194-200.

19. Абрамян, Г. В. Современные тенденции, риски и информационные угрозы персонализации обучения в условиях цифровизации образования и вирусной пандемии / Г. В. Абрамян // В сборнике: Информатика: проблемы, методы, технологии. материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгаинова. – Воронеж, 2023. – С. 1302-1311.

20. Янкевичус, А. А. Система оптимизации штатов на основе дифференциации сотрудников технических служб сервиса и консультирования пользователей персональных компьютеров в педагогическом университете / А. А. Янкевичус, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 126.

Разработка и использование инструкционных карт для обеспечения результативности образовательного процесса при изучении 3D-моделирования в школе

С. В. Белов, email: aspirant12sgpu@mail.ru
Д. Е. Бочарова, email: d.e.bocharova@mail.ru

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Шуйский филиал

***Аннотация.** Статья посвящена актуальному направлению современного образования в области изучения технологии в школе – 3D-моделированию и его компонентам. В статье описывается необходимость изучения 3D-моделирования в школе, описаны современные средства обучения 3D-моделированию, которые позволяют обеспечить результативность образовательного процесса. В статье раскрывается понятие инструкционной карты, как средства обучения 3D-моделированию и выделены возможности ее применения на занятиях по технологии. Описана технология создания инструкционной карты для проведения урока по 3D-моделированию на базе детского технопарка «Кванториум» в МОУ СОШ №9 городского округа Шуя Ивановской области. Приведены авторские примеры инструкционных карт, которые используются на занятиях по технологии и в рамках реализации программ дополнительного образования по 3D-моделированию на примере детского технопарка «Кванториум».*

***Ключевые слова:** 3D-моделирование, инструкционная карта, информационные технологии, обучение, учебно-методические материалы.*

Введение

В рамках непрерывного развития научно-технического прогресса образование ставит перед собой задачу развития всесторонне развитой личности, обладающей техническими навыками. Одним из учебных предметов, обеспечивающих формирование этих навыков, является «Технология». Проблема модернизации технологической подготовки школьников является актуальной и этот компонент нашел своё отражение в Указе Президента РФ от 07.05.2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1], в котором отмечается необходимость

«...обновления содержания и совершенствования методов обучения предметной области «Технология». Во время обучения школьников предметной области «Технология» происходит приобретение ими базовых навыков работы с современным технологичным оборудованием, освоение современных технологий, знакомство с миром профессий, самоопределение и ориентация обучающихся на деятельность в различных социальных сферах, обеспечивается преемственность перехода обучающихся от общего образования к среднему профессиональному, высшему образованию и трудовой деятельности [2].

Обновлённая федеральная рабочая программа основного общего образования «Технология» (для 5-9 классов образовательных организаций) предполагает изучение новых образовательных модулей. Модульная программа включает инвариантные (обязательные) модули и вариативные. Одними из основных обязательных модулей освоения программы выделяются разделы, напрямую связанные с современными информационными технологиями в образовании: «Компьютерная графика. Черчение», «Робототехника», Модуль «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» [3].

С учётом данных изменений в образовательных организациях в настоящее время активно открываются классы инженерного профиля, где обучающиеся имеют возможность осваивать данные технологии в основной школе.

Неотъемлемой частью предмета «технология» становится новое техническое направление – «3D-моделирование» [2]. Модуль «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» в значительной мере нацелен на реализацию основного методического принципа модульного курса технологии: освоение технологии идёт неразрывно с освоением методологии познания, основой которого является моделирование. При этом связь технологии с процессом познания носит двусторонний характер: анализ модели позволяет выделить составляющие её элементы и открывает возможность использовать технологический подход при построении моделей, необходимых для познания объекта. Модуль играет важную роль в формировании знаний и умений, необходимых для проектирования и усовершенствования продуктов (предметов), освоения и создания технологий.

Данное направление может изучаться, как отдельный раздел в школьном курсе технологии, так и отдельное направление дополнительного образования в школе.

В 2023 году в Ивановской области, согласно приказу № 1138 от 05.10.2022 Департамента образования Ивановской области, утвержден

перечень общеобразовательных организаций-участников регионального проекта «Инженерные классы в малых городах», на базе которых с 01.09.2023 открылись инженерные классы [4]. В перечень этих школ входит Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №9 г. Шуя.

В МОУ СОШ №9 в учебный план 10 инженерного класса включены такие предметы как робототехника и 3D-моделирование. Изучение этих предметов происходит в специально оборудованных кабинетах школьного детского технопарка «Кванториум», открывшегося в 2022 году в МОУ СОШ №9 в рамках национального проекта «Образование».

С учётом вышеперечисленных изменений в области технического образования, перед педагогами, преподающими новые дисциплины стоит очень актуальная проблема, которая заключается в поиске современных средств обучения, в том числе 3D-моделированию в школе, которые помогут обеспечить результативность образовательного процесса в школе, а также обеспечение учебных центров, школ необходимыми учебно-методическими материалами для педагогов и обучающихся, которые в настоящее время представлены в недостаточном количестве.

Все эти факторы и определили актуальность выбранного направления исследования.

1. Современные средства обучения 3D-моделированию в школе

Уроки, ориентированные на 3D-моделирование, должны выполнять развивающую и общеобразовательную функцию, поскольку при их изучении обучающиеся продолжают знакомство еще с одним методом познания окружающей действительности – методом компьютерного моделирования. Следовательно, перед педагогом стоит задача поиска оптимальных средств обучения, которые позволят раскрыть потенциал обучающихся, сформировать необходимые универсальные учебные действия, технические навыки и повысить уровень развития логического мышления и пространственного воображения [5].

В обычной лекционной форме урока, как и в традиционных печатных учебниках, физиологически необходимая сенсомоторная стадия восприятия информации практически отсутствует, так как учебный материал представлен на лексическом уровне. Это одна из причин сложности восприятия информации. Для того чтобы достичь максимальной точности в восприятии информации, необходимо обеспечить зрительное восприятие, максимально приближенное к реальности. Соблюдение естественного порядка восприятия и обработки информации приводит к экономии времени в учебном

процессе. Когда учебный материал преподносится с помощью зрительных образов, в процесс восприятия вовлекаются различные каналы: слух, зрение и некоторые др.

В рамках научно-исследовательской работы выделены следующие основные современные средства обучения 3D-моделированию, которые нашли своё применение в учебном процессе МОУ СОШ № 9 г.о. Шуя на базе детского технопарка «Кванториум» [6]:

1. Наглядные материалы в виде 3D-моделей и робототехнические конструкторы.
2. Онлайн-тренажеры для визуализации объекта-оригинала.
3. Персональные компьютеры с программным обеспечением для 3D-моделирования (Blender, TinkerCad).
4. Обучающие авторские видео-ролики по созданию компьютерной модели.
5. Инструкционные карты и презентации, описывающие алгоритм и технологию создания 3D-моделей.

В ходе научно-исследовательской работы нами разработан и проведён опрос для обучающихся на предмет необходимости использования современных средств обучения 3D-моделированию в школе в условиях основного и дополнительного образования.

Обучающимся было предложено оценить по 5-балльной шкале какие из перечисленных ниже средств обучения помогают лучше усвоить учебный материал при изучении 3D-моделирования на уроках в школе. По результатам опроса более 50 обучающихся 6-10 классов, выявлено, что преобладающее большинство обучающихся в количестве 90% предпочитают пользоваться инструкционными картами и презентациями преподавателей, которые выдаются перед началом урока, для того чтобы выполнить план урока и смоделировать необходимые объекты. Также 78% обучающихся предпочитают изучать обучающие видео-ролики, записанные педагогами при подготовке к урокам. 75% опрошенных предпочитают пользоваться учебно-методическими пособиями, но при условии, что они будут соответствовать техническим и программным требованиям, которые имеются в технопарке «Кванториум», так как в большинстве случаев наблюдается несоответствие программного обеспечения и методических материалов, которые предлагаются для освоения школьниками в рамках изучаемого курса.

При ответе на вопрос: какие из перечисленных ниже средств обучения помогают Вам лучше усвоить учебный материал при изучении 3D-моделирования на уроках в школе, школьники склоняются к варианту использования на уроках обучающих тренажёров и

инструкционных карт, наглядного материала и наличие прототипов моделей в качестве образца объекта-оригинала. Также одним из незаменимых средств, являются графические панели, интерактивные доски и проекторы, которые позволяют осуществлять фронтальную работу в аудитории и повышают продуктивность освоения материала благодаря поэтапной демонстрации создаваемой преподавателем модели. Они также активизируют познавательную деятельность обучающихся и формируют технические навыки при воспроизведении на своих ноутбуках всех показанных этапов на большом экране в аудитории.

В нашей статье остановимся более подробно на одном из перечисленных современных средств обучения 3D-моделированию – инструкционные карты. Основным программным средством 3D-моделирования будет выступать программа Blender, которая является бесплатным, кроссплатформенным продуктом для обучения 3D-моделированию в школе.

2. Технология разработки и применения инструкционной карты на уроках по 3D-моделированию

Инструкционная карта представляет собой карточку в виде раздаточного материала, в которой описан подробный алгоритм создания 3D-модели с визуальным отображением промежуточных результатов построения модели. Данное средство помогает создать зрительно-наглядные представления о приёмах и действиях при выполнении исследовательских работ [7].

Использование инструкционных карт позволяет:

- увеличить долю самостоятельной работы обучающихся в процессе обучения 3D-моделированию;
- расширить возможности организации индивидуальной и групповой работы на занятии по 3D-моделированию;
- развить умственную активность и инициативу при усвоении учебного материала;
- обеспечить грамотность, точность и ясность изложения материала;
- использовать наглядность готового изделия или его частей.

Инструкционные карты применяются при изучении учебных операций, раскрывают типовую последовательность, правила, средства, способы выполнения, контроля и самоконтроля осваиваемых приемов и операций.

Технология разработки инструкционной карты при подготовке к уроку по 3D-моделированию включает в себя следующие этапы:

1. Подготовительный.

Предполагает описание вводной части урока, где указывается тема занятия, цель, и сведения теоретического и познавательного характера. Этап ориентирован на актуализацию знаний обучающихся, повторение горячих клавиш и необходимых операций, а также модификаторов и действий, которые будут использоваться на уроке при создании 3D-модели.

2. Основной.

Содержит указания по практическому выполнению исследовательского задания, направленного на моделирование объекта-оригинала методом компьютерного моделирования с использованием программного обеспечения. Включает в себя последовательность операций, объясняет приёмы их выполнения, а также ориентирует обучающихся на применение конкретных модификаторов и инструментов, позволяющих за короткий промежуток времени, в течение урока создать 3D-модель.

Также на данном этапе применяются элементы графического представления поэтапного конструирования модели, что обеспечивает наглядность и понимание правильности применения той или иной функции и инструмента в программе. Выполняет функцию дополнения предшествующих частей работы.

3. Заключительный.

Предполагает разбор результатов работы, выделение типичных ошибок, если полученный результат не соответствует объекту-оригиналу, а также выполняет функцию обобщения полученных знаний. На данном этапе выполняется демонстрация полученных моделей, а также определение последующих шагов по усовершенствованию и модернизации полученных моделей на следующих уроках.

Алгоритм работы учителя с готовой инструкционной картой включает в себя следующие этапы:

1. Знакомство школьников с целью и задачами урока, используя презентацию, как приложение к инструкционной карте.
2. Демонстрация готовой модели как образца будущей работы.
3. Беседа с обучающимися на предмет поиска аналогов модели в жизни, быту, природе и других областях, и сферах деятельности.
4. Проведение подготовительной работы для формирования новых знаний, отработки навыков применения новых модификаторов и операций, используемых при создании будущей модели.
5. Выполнение основной части работы путём поэтапного моделирования в программе Blender вместе с обучающимися

запланированной 3D-модели, с использованием интерактивной доски или графической панели.

6. Обработка, сохранение и конвертация полученной модели для последующего вывода её на 3D-печать. Обзор полученных результатов у обучающихся и подведение итогов урока с определением дальнейших планов и задач на последующие уроки по 3D-моделированию.

Алгоритм работы обучающегося с инструкционной картой включается в себя следующие этапы:

1. Ознакомительный.

Изучение раздаточного материала, цели и задач урока. Знакомство с новым материалом и технологией 3D-моделирования типовой модели.

2. Основной.

Предполагает работы по инструкционной карте, выделение главных основополагающих элементов моделирования. Поиск способов и выбор оптимального для достижения поставленной цели. Отработка алгоритма построения модели по заданным параметрам и образцу.

3. Заключительный.

Предполагает подведение итогов и демонстрацию полученных результатов 3D-моделирования, а также поиск других оригинальных способов построения заданной модели, используя другие функции и инструменты программы.

По результатам опроса обучающихся, при ответе на вопрос оценки необходимости использования инструкционных карт на уроках 3D-моделирования, выявлено, что 58% оценивают данное средство на уровне выше среднего, а 42% на высоком уровне.

Если говорить об основных элементах, из которых должна состоять инструкционная карта по 3D-моделированию в школе, по результаты опроса показали, что 75% опрошенных предпочитают видеть алгоритм построения модели с параметрами и действиями; 58% школьников готовы построить 3D-модель после просмотра обучающего видеоролика по построению 3D-модели; 25% обучающихся за наличие наглядного сопровождения в виде картинок сцены с экрана компьютера, а также обучающих презентаций к урокам.

3. Применение инструкционных карт на уроках по 3D-моделированию в детском технопарке «Кванториум»

В настоящий момент в «Кванториуме» г.о. Шуя Ивановской области активно происходит знакомство обучающихся с технологией 3D-моделирования в рамках реализации обновленной программы основного и среднего общего образования по предметной области «Технология», а также программы дополнительного образования

«Основы 3D-моделирования в Blender». Изучение данной технологии 3D-моделирования поможет обучающимся в дальнейшем решать сложные задачи, встречающиеся в деятельности конструктора, архитектора, дизайнера, проектировщика трехмерных интерфейсов, а также специалиста по созданию анимационных 3D-миров для рекламной и кинематографической продукции. В основу процесса обучения включена проектная деятельность обучающихся, где они совместно с педагогом могут получить навыки создания и оформления школьных проектов, что способствует формированию у них жизненной картины мира при решении нестандартных, творческих, интеллектуальных задач, связанных моделированием.

Разработка и апробация инструкционных карт и тематических презентаций при обучении 3D-моделированию является для ведущих педагогов (Бочаровой Д. Е., Белова С. В.) одним из важнейших элементов методики проведения занятий, для ознакомления с новыми модификаторами и функциями программы Blender, а также демонстрация результатов деятельности через графическую панель с подробным описанием алгоритмов создания 3D-моделей. Содержание занятий направлено на формирование навыков и приемов решения графических задач в 3D-измерении, а также формирование технических навыков у обучающихся.

С примерами авторских инструкционных карт, разработанных для детского технопарка «Кванториум» при проведении занятий по 3D-моделированию можно ознакомиться через Web-сайт Белова С.В., педагога дополнительного образования, автора курса по 3D-моделированию для школьников [8].

Данные инструкционные карты можно использовать как на уроке открытия новых знаний в качестве самостоятельной практической работы обучающихся после подробного объяснения учителем темы урока, так и для закрепления полученных знаний. А также при совместной работе учителя и обучающихся на уроке и при выполнении учебных проектов.

Заключение

Подводя итоги, необходимо отметить, что преобладающее большинство обучающихся при ответе на вопрос: «Какой способ представления учебного материала по работе с программой Blender наиболее удобен?» выбирают вариант с подробным объяснением выполняемого практического задания учителем с демонстрацией работы в программе Blender и желают видеть на своих рабочих местах инструкционные карты для продуктивности изучаемого процесса 3D-моделирования.

Стоит отметить, что к преимуществам, которые даёт инструкционная карта в процессе построения 3D-модели можно отнести такие параметры: ускоряет процесс построения модели; позволяет сравнить результат, представленный в образце с оригиналом; реалистичность модели; последовательность и завершенность процесса моделирования.

К недостаткам использования инструкционных карт можно отнести такие показатели: замедляет процесс построения модели; отсутствие поиска оптимального способа построения модели; отсутствие возможности сделать модель не по шаблону, а самостоятельно; нет возможности импровизировать в процессе моделирования.

Учитывая все достоинства и недостатки следует отменить, что продуктивность любого процесса в области образования, в том числе при изучении 3D-моделирования достигается при сочетании различных вариантов и способов деятельности, современных средств и методов обучения, а также форм и принципов обучения. Направления дальнейших исследований в этой области заключаются в улучшении качества исследуемого процесса с учётом усовершенствования и корректировки процесса познавательной, творческой и исследовательской деятельности обучающихся в условиях образовательного процесса школы, в том числе при обучении 3D-моделированию в специализированных кабинетах с современным оборудованием.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». – Текст : электронный // Администрация Президента России: [сайт]. – 2023. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 03.10.2023).

2. Концепция преподавания предметной области «Технология» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы. – Текст : электронный // Минпросвещения России. Официальный интернет-ресурс: [сайт]. – 2018. – 30 декабря. – URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/c4d7feb359d9563f114aea8106c9a2aa> (дата обращения: 16.10.2023).

3. Примерная рабочая программа основного общего образования «Технология». – Текст : электронный // Минпросвещения России. Реестр примерных основных общеобразовательных программ. Официальный интернет-ресурс: [сайт]. – 2021. – 27 сентября. – URL:

<https://fgosreestr.ru/ooop/primernaia-rabochaiia-programma-osnovnogo-obshchego-obrazovaniia-tekhnologiiia-1> (дата обращения: 18.01.2024).

4. Приказ Департамента образования Ивановской области от 05.10.2022 г. «О региональном проекте «Инженерные классы в малых городах». – Текст : электронный. – 2023. – URL: http://www.ivedu.ru/uploaded/2022/12/1138-o_inzhenernye_klassy.pdf (дата обращения: 18.12.2023).

5. Белов, С. В. Методика обучения 3D-моделированию школьников в условиях технопарка «Кванториум» / С. В. Белов, И. В. Белова // Шуйская сессия студентов, аспирантов, педагогов, молодых ученых : XVI Международная научная конференция : сб. ст. – Москва-Иваново-Шуя : Изд-во Иван. гос. ун-т, 2023. – С. 73-76.

6. Белов, С. В. Кванториум как инновационная образовательная площадка для организации проектной деятельности студентов и обучающихся / С.В. Белов, И.В. Белова // Наука и образование в современном вузе: вектор развития : научная конференция : сб. ст. – Шуя : Изд-во Шуйского филиала ИвГУ, 2023. –С. 16-21.

7. Бочарова, Д. Е. Опыт реализации программ дополнительного образования в детском технопарке «Кванториум» / С. В. Белов, Д. Е. Бочарова // Шуйская сессия студентов, аспирантов, педагогов, молодых ученых : XVI Международная научная конференция : сб. ст. – Москва-Иваново-Шуя : Изд-во Иван. гос. ун-т, 2023. – С. 76-78.

8. 3D-моделирование для школьников в Blender : [сайт]. – Режим доступа : <https://sites.google.com/sspu.ru/belov-sv>

3D-технологии в сельских школах: перспективы, проблемы и пути решения

С. А. Зайцева, email: Z_A_S_@rambler.ru ¹
А. С. Филин, email: mr.fruit247@yandex.ru ²

¹Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

²Муниципальное общеобразовательное учреждение «Китовская средняя школа»

***Аннотация.** Примером одного из самых популярных технических направлений современного дополнительного образования может служить «3D-моделирование». Для развития данного направления в одной из сельских школ Ивановской области мы приняли участие в конкурсе «Росмолодежи» с проектом «Школьная лаборатория «Территория идей», целью которого является популяризация и продвижение 3D-технологий среди обучающихся поселка и района. В рамках созданной лаборатории будет проведена серия обучающих занятий, в процессе которых школьники, при тьюторском сопровождении со стороны студентов Шуйского филиала ИвГУ, познакомятся с основами конструирования на базе Arduino, смогут создать и распечатать собственную модель на 3D-принтере.*

***Ключевые слова:** школьники, учитель, студенты, 3D-технологии, 3D-моделирование, 3D-печать, Arduino, проект, грант, Росмолодежь.*

Введение

В связи с интенсивным развитием современных технологий у многих выпускников школ, в том числе и сельской местности, возрастает спрос на получение профильного образования технической направленности. Вместе с тем, как правило, сельские школы не могут обеспечить высокий уровень образовательной подготовки в части технической составляющей. В связи с малым количеством обучающихся в школе приходится реализовывать только один универсальный (общеобразовательный) профиль без углубленного изучения математики, физики, технологии и информатики.

Реализация запроса школьников на технический профиль может быть частично компенсирована благодаря развитию системы дополнительного образования школьников. В частности, созданные на

базе сельских школ Центры образования цифрового и гуманитарного профилей «Точка роста» позволяют реализовывать дополнительные программы, направленные на освоение школьниками 3D-технологий, программирования, основ робототехники, информационных технологий и др. Как правило, в дополнительное образование на базах «Точки роста» сельских школ могут быть включены не только обучающиеся одной школы, но и других школ района.

3D-технологии в сельских школах

Интерес со стороны участников образовательного процесса к техническим направлениям дополнительного образования растет и проявляется в запросе, помимо описанных образовательных программ, на изучение основ электроники, автоматизации и дистанционного управления технологическими процессами, программирования контроллеров и т.д. Так по результатам анкетирования, проведенного в 2023 году в МОУ Китовская СШ среди родителей учащихся 7-11 классов, 42% респондентов указали на необходимость расширения технического профиля.

Примером одного из самых популярных технических направлений дополнительного образования является «3D-моделирование». Сфера 3D-технологий развивается стремительными темпами: GameDev (разработка игр), реклама, компьютерная графика в фильмах, мультипликация, анимация и многие другие. Данная сфера не ограничивается только моделированием, а может расшириться, добавив 3D-печать – игрушки, единичное и мелкосерийное производство, запчасти и другие задачи.

Технологии, связанные с 3D-моделированием, являются перспективными, востребованными в производстве и развиваются стремительными шагами. Мы наблюдаем применение 3D-технологий в очень многих окружающих нас сферах, сфера образования не является исключением.

Например, О.А. Филиппова в своих трудах рассматривает 3D-печать, как инструмент, помогающий обучению профильным дисциплинам. Обучающиеся создают материальные модели своих цифровых работ. Это такие работы, как детали к сложным изделиям, компоненты для сборки электронных прототипов и др. [1,2].

Р.Ф. Салахов высоко оценивает роль 3D-печати для организации и проведения лабораторных работ как в школе, так и в вузе. Школьники, применяя 3D-моделирование, могут перенести чертежи в программу для создания трехмерных моделей и в дальнейшем отправить ее на печать. Так студенты инженерных специальностей могут получить прототип сложных деталей, например, реактивного двигателя или автомобиля.

Студенты, обучающиеся на дизайнерском направлении, могут смоделировать исторический артефакт [3].

В своих работах М.А. Гриц отмечает, что 3D-моделирование и печать имеют достоинства, такие как наглядность обучения, развитие творческих способностей, мотивации учащихся. 3D-принтер можно использовать для печати: уменьшенной копии реальных объектов; больших моделей сложных форм; геометрических фигур. 3D-технологию автор относит к активным методам обучения, направленным на активизацию исследовательской деятельности учащихся. Мы полностью согласны с мнением автора о том, что, работая с 3D-моделью, ученики развивают у себя пространственное мышление, так как, постоянно «вращаясь» вокруг модели, ученики видят ее и мысленно представляют ее в готовом виде, что помогает продумать действия для достижения определенного результата [4].

По мнению Л. А. Липницкого, 3D-технологии в образовательном процессе позволяют развивать у обучающихся мышление, а также способствуют повышению интереса к данной сфере деятельности и инженерным профессиям. Школьники не просто создают 3D-модель на компьютере, но и видят результат своего труда у себя в руках, производят различные манипуляции и приходят к выводу о верности построения модели и необходимости ее доработка [5].

Нельзя не согласиться с мнением И.С. Головки, который считает, что применение 3D-печати во внеурочной деятельности развивает творческие способности детей, повышает познавательный интерес к техническим сферам деятельности, а это в свою очередь направляет их на раннюю профориентацию [6]. Изучив труды вышеперечисленных авторов, мы можем прийти к выводу о том, что изучать тему 3D-технологий действительно полезно для развития мышления, получения знаний и навыков, которые могут применять даже в быту.

Актуальность изучения 3D-моделирования для многих школьников обусловлена ориентацией их на выбор будущей профессии и на достижение успехов в профессии, продвижение в будущей карьере, а также практически повсеместным использованием трехмерной графики в различных сферах деятельности, знание которой становится все более значимым для значительного количества не только технических, но и творческих профессий.

Таким образом, 3D-технологии становятся все более популярными и доступными, что делает их изучение перспективным для современного школьника в нескольких важных аспектах:

– возможность применения полученных знаний в реальной жизни: 3D-моделирование позволяет ученикам создавать реальные объекты, которые могут быть использованы в повседневной жизни;

– развитие творческих способностей: 3D-моделирование способствует развитию креативного мышления и творческого потенциала школьников;

– формирование навыков работы в команде: проектная деятельность в области 3D-моделирования подразумевает работу в команде, что способствует развитию коммуникативных и социальных навыков у обучающихся;

– профессиональная ориентация обучающихся: изучение 3D-технологий может стать основой для выбора будущей профессии, связанной с ИТ, дизайном или инженерией;

– развитие учебной мотивации: освоения приемов 3D-моделирования может повысить интерес школьников к физико-математическим и техническим наукам, делая процесс их освоения более увлекательным и захватывающим.

Наиболее результативными методическими приемами, которые актуальны для организации технических направлений дополнительного образования является включение обучающихся в коллективную проектную деятельность. Для продвижения и поддержания проектной деятельности среди сельских школьников Шуйского района Ивановской области, мы приняли участие в конкурсе и получили грантовую поддержку от «Росмолодежи» на реализацию проекта «Школьная лаборатория «Территория идей».

Для организации проектной деятельности привлеченных участников, создана площадка для работы на базе МОУ «Китовской средней школы» Шуйского района Ивановской области. Для реализации проекта школьная лаборатория оборудована наборами для программирования и конструирования Arduino, 3D-принтерами и оснащена необходимым программным обеспечением.

Проект школьной лаборатории стартовал и на данный момент:

– утвержден и анонсирован список мероприятий, которые нацелены на решение поставленных задач и достижение планируемых результатов;

– составлен список организаций, которые запланировано привлечь для реализации проекта: сельские школы Шуйского района; образовательный центр «Кванториум» города Шуя и Шуйский филиал Ивановского государственного университета, который осуществляет подготовку педагогов по образовательной программе «Информационные технологии и робототехника»;

– составлена смета и идет процесс закупки необходимого оборудования, расходных материалов, полиграфической продукции и др.;

– произведен конкурсный отбор школьников и студентов для работы в рамках проекта;

– создана группа в социальной сети «ВКонтакте», где будут отображаться этапы реализации проекта и описываться проводимые мероприятия.

В рамках созданной лаборатории будет проведена серия обучающих занятий, в процессе которых школьники, при тьюторском сопровождении со стороны студентов вуза, познакомятся с основами конструирования из электронного конструктора Arduino (сбор макетов различных электронных устройств и инструментов, программирование микроконтроллера и практическое познание физики и программирования); с азами 3D-технологий, на базе которых смогут создать модель, а в дальнейшем и распечатать ее на 3D-принтере, для создания различных макетов.

В первой половине занятий учебной лаборатории, совместив вышеуказанное оборудование, мы планируем реализовать коллективный проект «Умный дом», используя наборы Arduino как основу (микроконтроллеры, датчики и т.д.) и 3D-технологии, для создания помещения.

Дальнейшие занятия в школьной лаборатории будут посвящены созданию обучающимися своих проектов. Завершится работа конкурсом проектов, на котором участники поделятся на группы и получат техническое задание. Команда, которая сможет соблюсти все критерии и наберет наибольшее количество баллов, станет победителем. В качестве помощников и консультантов при разработке проектов планируется привлечь студентов вуза образовательной программы «Информационные технологии и робототехника» направления подготовки 44.03.01 Педагогическое образование.

Заключение

Таким образом, потребность школы в обновлении и комплектации оборудования для организации дополнительного образования школьников в области 3D-технологий направила деятельность участников образовательного процесса на поиск способов приобретения необходимого оборудования.

Одним из эффективных способов решения данной проблемы является обеспечение участия проектных групп (педагоги – студенты–школьники – родители школьников) в различного рода конкурсах грантов. Оформление конкурсной документации, поиск идей,

совместные мероприятия школьников и студентов являются уже сами по себе значимым педагогическим проектом. Победа и получение гранта позволяет расширить как технический, так и педагогический потенциал школы.

Список литературы

1. Филиппова, О. А. Применение технологии трехмерной печати в учебном процессе по дисциплине «Инженерная графика» / О. А. Филиппова // Наука, Техника и Образование. – 2015. – № 10. – С. 126-130.
2. Фаритов, А. Т. 3D-моделирование и прототипирование во внеурочной деятельности учащихся в школе / А. Т. Фаритов // Педагогика и просвещение. – 2019. – № 4. – С. 155-167.
3. Салахов, Р. Ф. Возможности 3D-печати в образовательном процессе / Р. Ф. Салахов, Р. И. Салахова, З. Н. Гаптраупова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2017. – №6-2 (72). – С. 196-198.
4. Гриц, М. А. Возможности 3D-технологий в образовании / М. А. Гриц, А. В. Дегтярева, Д. А. Чеботарева // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – Т. 2. – № 11. – С. 925-927.
5. Липницкий, Л. А. Аддитивные технологии и их перспективы в образовательном процессе / Л. А. Липницкий, Т. В. Пильгун // Системный анализ и прикладная информатика. – 2018. – №3. – С. 76-82.
6. Головкин, И. С. Инженерное 3D моделирование и прототипирование в школе // Наука и образование: векторы развития. Современные тенденции развития школьинтернатов и коррекционных образовательных учреждений России : тезисы докл. Всерос. конф. (Чебоксары, 24-24 октября 2016 г.). – Чебоксары, 2016. – С. 266-271.

Внедрение технологий информационного моделирования в инженерное образование

Е. И. Иващенко, email: eivachenko@cchgeu.ru

И. А. Богданова, email: ira_zakharenkova@mail.ru

И. Д. Аграновский, email: ilya.agranov.2003@gmail.com

Воронежский государственный технический университет

***Аннотация.** Рассматривается овладение технологиями информационного моделирования студентами специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» в курсе «Компьютерная графика».*

***Ключевые слова:** технологии информационного моделирования, информационная модель, Renga, Revit.*

Введение

Бурное развитие информационных технологий в конце XX – начале XXI веков ознаменовалось принципиально новым подходом в архитектурно-строительном проектировании: создание информационной модели объекта строительства. Также это принципиально иной подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, к управлению жизненным циклом объекта.

Информационная модель здания – это структурированная информация о проектируемом, существующем или даже утраченном строительном объекте, предназначенная для решения конкретных задач и пригодная для компьютерной обработки [1].

Преимущества технологий информационного моделирования заключаются:

- в централизованном хранении данных;
- в эффективном управлении информацией;
- в 3D-моделировании;
- в эффективной коллаборации участвующих специалистов.

ВМ-программы отличаются от САД-систем параметрическим моделированием зданий – принципе проектирования, основанном на применении параметрических данных объекта и соотношений между ними. К таким программам относятся Renga, Revit, и OpenBuildings, разработчиками которых соответственно являются Renga Software, Autodesk и Bentley Systems.

Технологии информационного моделирования в курсе «Компьютерная графика»

Современные требования, предъявляемые к инженерам, – это владение навыками работы в передовых программных продуктах, а также уже имеющийся опыт работы в команде специалистов. Эти же требования предъявляются к студентам, которые в будущем хотят стать востребованными инженерами.

Навыки работы в передовых программных продуктах могут быть приобретены в так называемом «комплексном проекте». Студент выполняет задания по нескольким дисциплинам, работая в одной модели – создает архитектурные формы, рассчитывает конструкции, прокладывает инженерные сети [2]. В учебном процессе студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений» овладение технологиями информационного моделирования выглядит следующим образом:

- знакомство с ТИМ при изучении дисциплины «Компьютерная графика»;
- создание архитектурного облика здания при изучении дисциплин «Архитектура» и «Архитектура высотных и большепролетных зданий и сооружений»;
- проектирование внутренних инженерных систем здания при изучении дисциплин «Техническая теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование» и «Водоснабжение и водоотведение»;
- разработка конструктивных решений при изучении дисциплин «Основания и фундаменты», «Металлические конструкции» и «Железобетонные и каменные конструкции»;
- подсчет объемов работ при изучении дисциплины «Экономика строительства».

В курсе «Компьютерная графика» студенты осваивают технологии моделирования двух- и трехмерных графических объектов, создают проектную и рабочую документацию в Renga, Revit, nanoCAD.

По выданному варианту здания была создана в Renga и Revit информационная модель здания (рис. 1-2), разработаны чертежи марки АР: план, фасад (рис. 3-4), разрез [3-5].

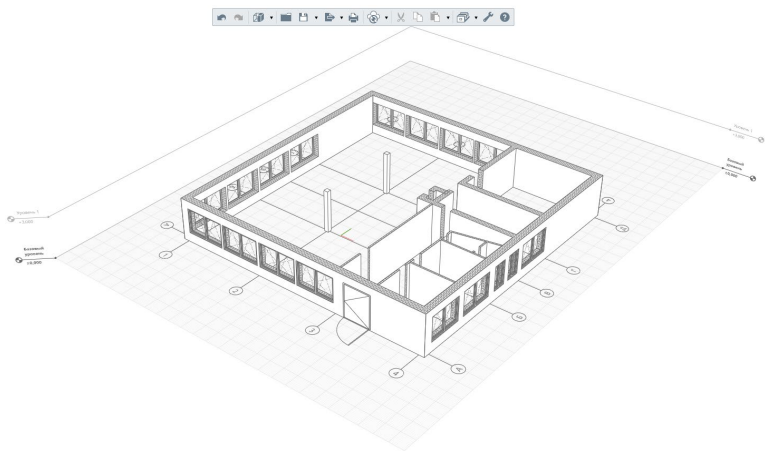


Рис. 1. Информационная модель здания (первый этаж), созданная в Renga

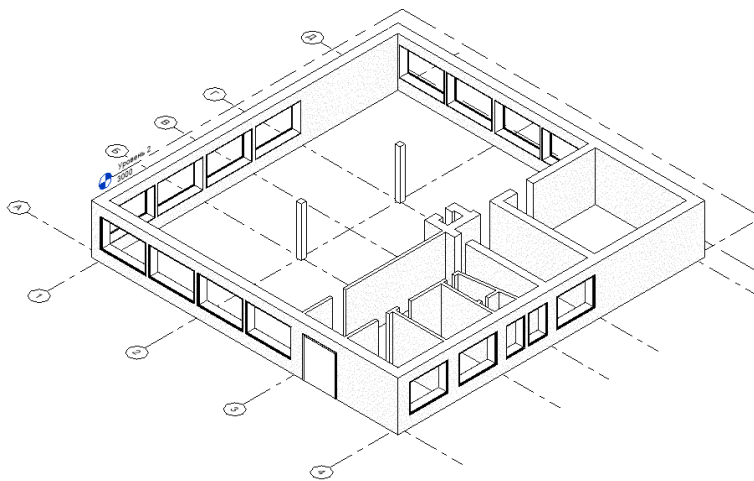


Рис. 2. Информационная модель здания (первый этаж), созданная в Revit

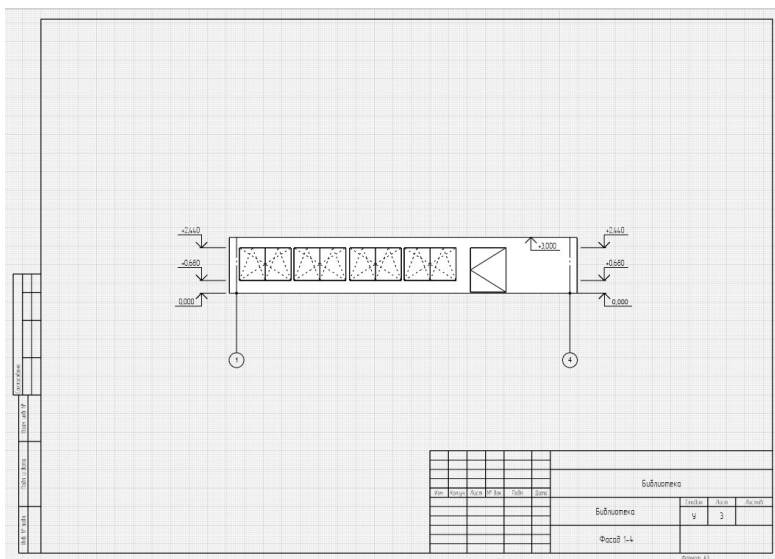


Рис. 3. Чертеж «Фасад 1-4», оформленный в Renga

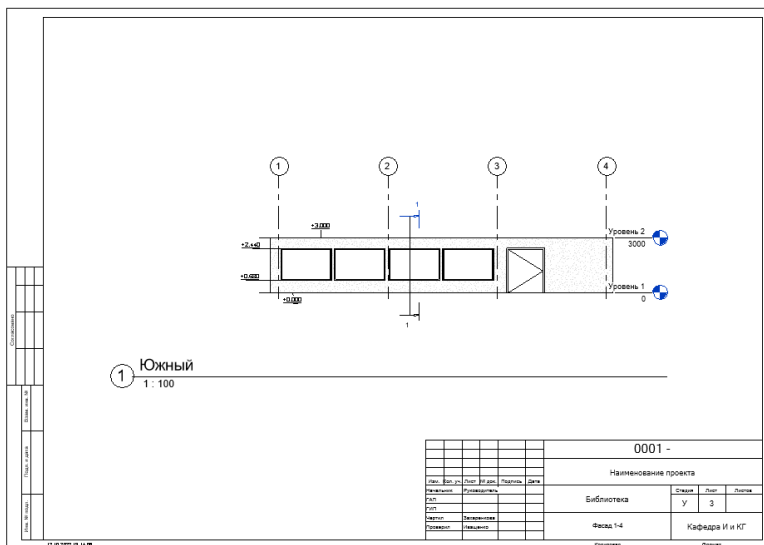


Рис. 4. Чертеж «Фасад 1-4», оформленный в Revit

Заключение

В Renga можно:

- за минуту создать свой стиль окна или двери;
- быстро оформить чертеж как по СПДС, так и по ISO;
- на официальном сайте бесплатно скачать BIM-каталоги и BIM-шаблоны.

Исходя из вышеизложенного, информационная модель здания быстрее создается в Renga, чем в Revit.

Список литературы

1. Талапов, В. В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. – М.: ДМК-пресс, 2015. – 410 с.

2. Семенов, А. А. Интеграция концепции BIM в учебный процесс строительных вузов / А. А. Семенов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С. 207-211.

3. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. – Введ. 2021-07-01. – М.: Стандартиформ, 2021. – 226 с.

4. ГОСТ 21.501-2018. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. – Введ. 2019-06-01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 47 с.

5. Практическое руководство пользователя Renga [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://manual.rengabim.com>

Оценка учебной графической конструкторской документации в курсе инженерной компьютерной графики

А. Н. Ивлев, email: alexivlev@rambler.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Определены критерии оценки качества графической конструкторской документации, представлена структурная схема системы оценки качества учебной графической конструкторской документации в курсе инженерной компьютерной графики.*

Ключевые слова: *графическая конструкторская документация, оценка качества, инженерная компьютерная графика*

Введение

Специфика инженерного образования состоит в том, что в процессе обучения при изучении инженерной компьютерной графики студент создает ряд графических конструкторских документов учебного характера. Создание подобных документов является неотъемлемой частью получения студентом навыков чтения и разработки конструкторских документов. В процессе обучения студент выполняет работы, направленные как на усвоение конкретной темы, так и итогового характера, направленные на применение и обобщение всех полученных в процессе обучения знаний и умений. Каждый учебный конструкторский документ, созданный в процессе изучения инженерной компьютерной графики, должен быть оценен [1-3]. Сложность определения итоговой оценки качества изобразительного документа заключается в трансформации графической информации, представленной в конструкторском документе в балльную систему, на основе которой составляется суждение о качестве представленного документа. Для разработки системы оценки качества графических конструкторских документов, в том числе и учебного характера необходимо:

- определить критерии оценки качества графической конструкторской документации,
- определить показатели каждого критерия,
- определить метод подсчета итогового показателя оценки учебной конструкторской документации.

Возможность применения разработчиком конструкторской документации различных приемов и методов, для описания объекта

графическими средствами может привести к разногласиям в вопросах рациональности их применения между разработчиком и лицом, оценивающим качество конструкторской документации.

Учитывая вышеизложенное, возникает необходимость создания системы оценки качества графической конструкторской документации в том числе учебной, выполняемой студентами в курсе компьютерной и инженерной графики.

Система оценки качества учебной графической конструкторской документации в курсе инженерной компьютерной графики

Итоговая оценка качества учебного конструкторского документа должна осуществляться на основе критериев, каждый из которых имеет свою степень значимости по отношению к другим критериям. Степень значимости каждого критерия определяется методом экспертных оценок, что позволяет исключить субъективность в определении значимости каждого критерия.

Критериями оценки качества учебного конструкторского документа являются:

- соответствие стандарту,
- полнота представленной информации,
- композиционное решение.

Под критерием «соответствие стандарту» понимается оформление конструкторской документации в соответствии с требованиями действующих стандартов.

Под критерием «полнота представленной информации» понимается достаточность количества информации для полного и однозначного понимания объекта, описание которого приведено в конструкторской документации.

Под критерием «композиционное решение» понимается взаимное расположение элементов чертежа, способствующее наилучшему восприятию информации.

Каждый критерий определяется совокупностью показателей.

Критерий «Соответствие стандарту» определяется следующим набором показателей: правильное применение типов линий [4], расположение видов в соответствии с действующим стандартом [5] соответствие надписей действующим стандартам [6], нанесение размеров в соответствии с действующими стандартами [7], применение масштабов в соответствии с действующими стандартами [8]. Критерий «Полнота представленной информации» определяется следующим набором показателей: рационально выбран главный вид изделия, рационально выбрано количество видов, рационально выбраны разрезы, сечения, выносные элементы [5]. Критерий «Композиционное решение»

определяется следующим набором показателей: размещение видов разрезом, сечений, выносных элементов, рационально выбран масштаб изображения [8], рационально выбран размер формата [9], четкость линий. Степень значимости каждого показателя определяется методом экспертных оценок.

На рис. представлена структурная схема системы оценки качества учебной графической конструкторской документации в курсе инженерной компьютерной графики.

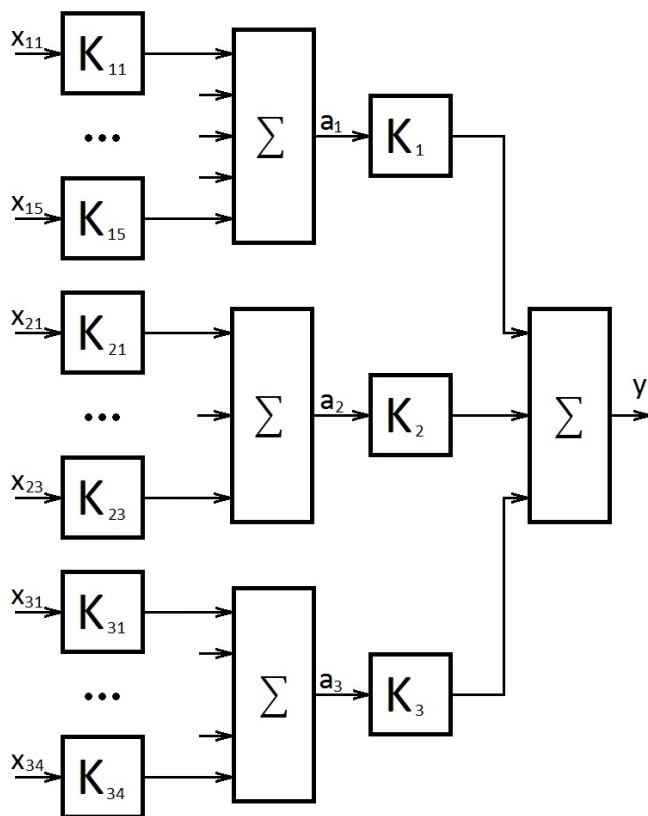


Рисунок. Структурная схема системы оценки качества учебной графической конструкторской документации в курсе инженерной компьютерной графики

Значение каждого показателя каждого критерия нормируется в пределах от 0 до 1. Значение каждого критерия определяется суммой значений каждого показателя критерия с учетом степени его значимости в рамках данного критерия. Итоговая оценка качества учебной графической конструкторской документации определяется путем суммирования значений всех критериев с учетом степени их значимости. Качество учебной графической конструкторской документации тем выше, чем ближе суммарное значение критериев оценки к единице.

Обозначение критериев и показателей каждого критерия представлены в таблице

Таблица

Обозначение критериев и показателей каждого критерия

Наименование критерия	Обозначение	Наименование показателя	Обозначение
Соответствие стандарту	a1	Правильное применение типов линий	x11
		Расположение видов в соответствии с действующим стандартом	x12
		Соответствие надписей действующим стандартам	x13
		Нанесение размеров в соответствии с действующими стандартами	x14
		Применение масштабов в соответствии с действующими стандартами	x15
Полнота представленной информации	a2	Рационально выбран главный вид изделия	x21
		Рационально выбрано количество видов	x22
		Рационально выбраны разрезы, сечения, выносные элементы	x23

Композиционное решение	а ₃	Размещение видов разрезов, сечений, выносных элементов	X ₃₁
		Рационально выбран масштаб изображения	X ₃₂
		Рационально выбран размер формата	X ₃₃
		Четкость линий	X ₃₄

Система оценки качества учебной графической конструкторской документации в курсе инженерной компьютерной графики является подсистемой SMART системы графического образования [10] и взаимосвязана с другими ее подсистемами, такими как автоматизированная система контроля знаний студентов и системой предоставления методической информации [11].

Заключение

Интеграция системы оценки качества учебной графической конструкторской документации в SMART систему графического образования позволяет расширить ее функционал и сократить временные затраты преподавателя на проверку учебной графической конструкторской документации.

Список литературы

1. Рукавишникова, Е. Л. Контент-анализ как метод оценки работ по дисциплине Инженерная графика / Е. Л. Рукавишникова // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2015. – № 6. – С. 126-129.
2. Бочарова, И. Н. Организация контроля знаний студентов по инженерной графике в техническом университете / И. Н. Бочарова, С. Г. Демидов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 5-3(44). – С. 102-104. – DOI 10.24411/2500-1000-2020-10559.
3. Хоботова, А. О. Особенности организации итогового контроля в курсе начертательной геометрии и инженерной графики / А. О. Хоботова, В. В. Малаховская // Педагогические инновации: традиции, опыт, перспективы : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Витебск, 05 декабря 2013 года / Ответственный редактор Н.А. Ракова. – Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2013. – С. 196-198.

4. ГОСТ 2.303-68 Линии. Взамен ГОСТ 3456-59; введ. 1971-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007.
5. ГОСТ 2.305-2008 Изображения – виды, разрезы, сечения. Взамен ГОСТ 2.305-68; введ. 2009-07-01. – М.: Стандартиформ, 2020.
6. ГОСТ 2.304-81 Шрифты чертежные. Взамен ГОСТ 2.304-68; введ. 1982-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007.
7. ГОСТ 2.307-2011 Нанесение размеров и предельных отклонений. Взамен ГОСТ 2.307-68; введ. 2012-01-01. – М.: Стандартиформ, 2012.
8. ГОСТ 2.302-68 Масштабы. Взамен ГОСТ 3451-59; введ. 1971-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007.
9. ГОСТ 2.301-68 Форматы. Взамен ГОСТ 3450-60; введ. 1971-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007.
10. 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, Воронеж, 13–14 февраля 2020 года / Под редакцией А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж: «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 2111-2115.
11. Ивлев, А. Н. Концепция SMART системы графического образования / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методология, технологии : Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции, Воронеж, 14–15 февраля 2019 года / Под ред. Д.Н. Борисова. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 1996-2000.

Использование различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование»

Н. П. Можей, email: mozheynatalya@mail.ru

Е. А. Шинкевич, email: elena_s111@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники

***Аннотация.** данной работе рассматриваются возможности использования различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование». Описывается метод Монте-Карло для изучения сложных систем, примеры построения имитационных моделей с применением Excel, а также пакета SimEvents в системе Matlab.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование, метод Монте-Карло, образовательные технологии, система Matlab, пакет SimEvents.*

Введение

В настоящее время все чаще применяется имитационное моделирование. Интерес к данному виду моделирования усилился в связи с развитием систем моделирования, являющихся как мощным аналитическим средством, позволяющим производить сложные разноплановые расчеты и моделировать различные процессы, так и обладающих возможностями графической интерпретации выходных результатов моделирования, мультимедийных средств и видео, поддерживающих анимацию в реальном времени, объектно-ориентированное программирование, решение с использованием сети интернет и др. Поскольку технологии имитационного моделирования зачастую не требуют сложных технических устройств и особого программного обеспечения, они все чаще используются в различных сферах деятельности, в частности, в IT-сфере и в бизнесе. В экономическом анализе имитационное моделирование является наиболее универсальным инструментом в области финансового, стратегического планирования, в бизнес-планировании, управлении производством, логистике. В настоящей работе рассматриваются возможности использования различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование».

1. Имитационное моделирование

Важнейшей целью рациональной деятельности человека является создание высокоэффективных систем, объектов, технологий процессов в экономике, технике, экологии, производстве, обществе. Краткий обзор возможностей таких систем приведён в [1]. Высокая эффективность предполагает достижения некоторых экстремальных характеристик, требующих для их нахождения применения математических методов. Сущность математического моделирования состоит в замене исходной системы (или процесса) ее математической моделью и дальнейшем экспериментировании с этой моделью при помощи вычислительно-логических алгоритмов. В книге [2] представлена технология компьютерного математического моделирования и приведены примеры.

В зависимости от математического аппарата, используемого при построении модели, и способа организации вычислительных экспериментов, можно выделить три взаимосвязанных вида моделирования: численное, статистическое, имитационное. Имитационное моделирование – это вид компьютерного моделирования, для которого характерно воспроизведение на ЭВМ (имитация) процесса функционирования исследуемой сложной системы. При этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет получить информацию о состоянии системы в заданные моменты.

2. Моделирование случайной величины

При моделировании сложных систем часто приходится иметь дело с переменными, значения которых определяются случайным образом. Например, момент поступления заказа или оплата банковского кредита. Соответствующая задача требует моделирования случайной величины, которая должна обладать определенными свойствами, чтобы при ее использовании в дальнейшем (при моделировании сложных процессов) не нарушались свойства моделируемых объектов.

Современные системы обладают возможностью генерировать случайные величины, однако существуют алгоритмы, позволяющие конструировать случайные величины, имеющие соответствующий закон распределения. На рис. 1 представлена работа одного из таких алгоритмов. По виду полученного рисунка можно утверждать, что генерация выполнена качественно и сгенерированные величины действительно являются случайными. Проверку качества сгенерированной последовательности случайных величин можно также осуществлять статистическими методами: построением гистограммы, применением критерия Пирсона и другими.

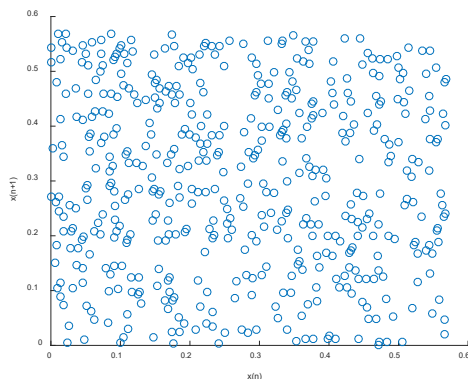


Рис. 1. Графическая интерпретация конгруэнтного метода моделирования

3. Метод Монте-Карло и его применение при решении задач

Метод Монте-Карло — это численный метод исследования математических моделей сложных систем, основанный на моделировании случайных элементов и последующем статистическом анализе результатов моделирования. Применение метода Монте-Карло позволяет изучать сложные системы, состоящие из тысяч или миллионов элементов, а также длинные промежутки модельного времени (при этом время моделирования может составлять всего несколько секунд).

Простейшие имитационные модели можно строить даже в Excel. На начальном этапе обучения этот табличный процессор гораздо предпочтительнее специальных сред, так как у студентов есть возможность посмотреть, как работает модель на каждом этапе, что позволит, при необходимости, в дальнейшем самостоятельно писать программы для имитационного моделирования более сложных процессов. Так, например, на рис. 2 представлено с применением Excel решение задачи теории надежности для устройства, имеющего пять элементов, вероятности выхода из строя которых известны. Решение заключается в генерации случайных чисел (используется генератор случайных чисел в Excel) в столбцах А-Е и определении возможности выхода из строя отдельных элементов и прибора в целом (столбцы F-J). Далее, согласно методу Монте-Карло, подсчитывается вероятность выхода из строя всей системы.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
7	Случайные числа					Выход из строя прибора					Выход из строя системы	
8	1	2	3	4	5	1	2 и 3	4	5	Y		
9	53	0	4	47	14	0	0	1	0	1	1	
10	59	2	51	46	4	0	0	0	0	1	1	
11	87	29	78	0	29	0	0	0	1	0	1	
12	31	89	99	77	79	0	0	0	0	0	0	
13	96	13	68	86	73	0	0	0	0	0	0	
14	32	63	66	65	66	0	0	0	0	0	0	
15	79	69	72	9	9	0	0	1	1	1	1	
16	76	85	0	43	37	0	0	0	0	0	0	
17	99	49	55	83	49	0	0	0	0	0	0	
18	79	87	34	44	76	0	0	0	0	0	0	
19	31	42	31	36	58	0	0	0	0	0	0	
20	67	58	97	77	17	0	0	0	0	1	1	

Рис. 2. Имитационная модель решения задачи о надежности прибора

Рассмотрим задачу управления запасами. Если процесс достаточно простой, то его можно описать основной моделью с соответствующими дополнениями и рассчитать ее характеристики по формулам, если же, например, спрос является случайным, например, случайной величиной с нормальным законом распределения, и можно по имеющимся данным определить параметры этого распределения, то, используя имитационное моделирование, можно рассчитать необходимые характеристики и, для наглядности, построить графики, отражающие поведение системы к конкретный момент времени. На рис. 3 представлена возможная имитационная модель для решения такой задачи.

	A	B	C	D
1	Управление запасами			
2	Исходные данные			
3		Стоимость хранения, C_h =		60
4		Стоимость дефицита, C_d =		160
5		Объем заказа, Q_{opt} , шт.=		50
6		Среднее значение спроса, M_C , ш		40
7		СКО спроса, S_C , шт.=		10
8				
9		Моделирование		
10		Реализация	Спрос, D	Издержки, C
11	50	1	25	1500
12	50	2	29	1260
13	50	3	36	840
14	50	4	50	0
15	50	5	35	900
16	50	6	44	360
17	50	7	34	960
18	50	8	48	120

Рис. 3. Имитационная модель решения задачи управления запасами

Аналогичным образом могут быть решены и более сложные задачи, например, если случаен не только спрос, но и срок выполнения заказа, если заказ на поставку новой партии товара подается тогда, когда остаток товара на складе достигает определенного порогового значения, и другие. В работе [3] рассматривается технология имитационного моделирования в среде Excel, приводятся работы по моделированию экономических объектов с помощью данного пакета, а также имитационные модели и шаблоны для имитации финансовых механизмов, управления производственными запасами, массового обслуживания, а также различных игр и др.

4. Применение системы Matlab

Если требуется рассмотреть более сложные процессы, то целесообразнее использовать, например, систему Matlab. В практике имитационного моделирования применяются два основных способа изменения модельного времени – с постоянным шагом и по особым состояниям. При выборе одного из этих методов важное значение имеет тип моделируемой системы: для непрерывных систем (с непрерывным временем смены состояний) по умолчанию используется переменный шаг приращения времени, а для дискретных систем следует устанавливать постоянный (фиксированный) шаг. В Matlab можно заставить модельное время изменяться по особым состояниям. Если структура исследуемой системы задана в виде блок-диаграммы, разработчик может в ходе моделирования выбирать метод отображения динамики системы.

Для структурно-имитационного моделирования благодаря широкой библиотеке и огромному количеству блоков удобно использовать пакет Simulink системы Matlab [4,5]. Имитационная модель в Simulink строится с применением стандартной библиотеки Simulink и SimEvent. SimEvent позволяет моделировать взаимодействия между компонентами, основанные на событиях, для дальнейшего анализа, оптимизировать сквозные задержки, пропускную способность, потерю пакетов и другие характеристики моделируемого процесса. SimEvent является одной из основных библиотек в Matlab, используемых в системе Simulink для моделирования систем с дискретными состояниями. Данная библиотека основывается на теории очередей и систем массового обслуживания, с помощью SimEvents можно создавать имитационные модели с проходящими через очереди объектами. SimEvents предоставляет возможность моделировать системы, зависящие не от времени, а от дискретных состояний, позволяет производить анализ таких характеристик модели как интенсивность потока, потеря пакетов и т.д.

В качестве примера рассмотрим схему системы массового обслуживания с отказами с одним обслуживающим устройством, где поток заявок распределен по экспоненциальному закону с параметром три, а поток обслуживаний распределен по экспоненциальному закону с параметром четыре. На рис. 4 представлен результат работы имитационной модели. Блоки Display выводят на экран результат работы выхода блока, к которому они присоединены. Блоки Scope строят графики, отражающие результат работы системы в заданные моменты времени. Стоит отметить, что, собрав схему, представленную на рис. 4, можно изменять параметры системы и, таким образом, изучать процесс и получать необходимые знания о исследуемом объекте.

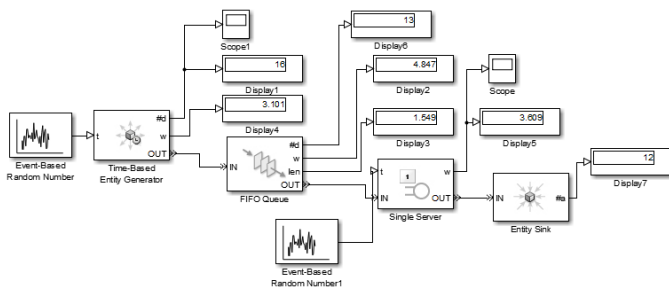


Рис. 4. Имитационная модель решения задачи управления запасами

Заключение

Рассмотрены возможности использования различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование». Описан метод Монте-Карло для изучения сложных систем, приведены примеры построения имитационных моделей с применением Excel, а также пакета SimEvents в системе Matlab. Имитационное моделирование позволяет студентам на практике применять теоретические знания, повышать квалификацию и развивать профессиональные навыки, использование имитационного моделирования в подготовке специалистов имеет большой потенциал и перспективы для дальнейшего развития.

Список литературы

1. Якимов, И. М. Моделирование сложных систем в среде имитационного моделирования GPSS W с расширенным редактором / И.

М. Якимов, А. П. Кирпичников, В. В. Мокшин // Вестник Казанского технологического университета. 2014. – Т. 17. № 4. – С. 298-303.

2. Цисарь, И. Ф. Моделирование экономики в iThink_STELLA. Кризисы, налоги, инфляция, банки / И. Ф. Цисарь. – М.: Диалог-МИФИ, 2009. – 224 с.

3. Мицель, А. А. Имитационное моделирование экономических процессов в Excel: Учебно-методическое пособие / А. А. Мицель. — Томск: ТУСУР, 2019. – 115 с.

4. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.

5. Алексеев, Е. Р. MATLAB 7. Самоучитель / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. – М.: ИТ Пресс, 2006. – 464 с.

Представление учебного процесса в терминах языка описания параллельных алгоритмов логического управления

Л. А. Пономарева, email: ponomareva-la@ranepa.ru
А. И. Федосеев, email: fedoseev-ai@ranepa.ru

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

***Аннотация.** Предлагается формализовать процесс освоения дисциплины студентом в виде набора последовательных состояний и ожиданий параллельного автомата. Каждое частичное состояние кодируется определенным образом. Авторами построен алгоритм логического управления (АЛУ) учебным процессом, дана его линейная нотация.*

***Ключевые слова:** учебный процесс, управление, параллельные алгоритмы, моделирование, матричная схема.*

Введение

Вопросы эффективного управления учебным процессом (УП) недостаточно изучены. В основном, уделяется внимание интенсификации каждой составляющей процесса [1]. Повысить эффективность управления возможно при наличии модели функционирования исследуемого объекта. Авторы предлагают формализовать описание управления УП освоения дисциплины студентом, используя термины теории автоматов, и представить процесс как «параллельный автомат» [2]. Каждая активность студента выполняется параллельно друг другу, т. е. автомат может находиться одновременно в нескольких частичных состояниях. Такие состояния можно кодировать [3].

Представим алгоритм планирования освоения дисциплины студентом в виде серии задач, разделенных во времени или выполняющимися параллельно. Задачами будем считать набор операций (операция – целевое действие), состоящих из действий и ожиданий, обозначенных строчными латинскими буквами [4]:

- а. Установка целей и задач освоения дисциплины;
- b. Получение учебного плана и программы дисциплины;
- с. Определение списка тем и материалов для изучения;
- d. Проверка текущих знаний и умений;

- е. Выбор методов изучения материала (чтение, просмотр видеолекций, выполнение практических задач);
- f. Оценка усвоения материала и возможности перехода к следующей теме;
- g. Если проблемы с усвоением материала или выполнением заданий:
 - h. Переход к дополнительному источнику информации;
 - i. Обращение к преподавателю;
 - j. Сравнение текущего уровня знаний и умений с установленными целями;
 - k. Принятие решения о необходимости дополнительного изучения или повторения материала;
 - l. Оценка полученных знаний и умений по дисциплине;
 - m. Фиксация результатов изучения.

Описание УП с помощью формального языка позволяет проводить различные преобразования в рамках языка, что дает возможность получить набор управляющих действий, анализируя которые, добиваться желаемой цели – эффективного принятия решений при управлении УП.

Построение параллельного алгоритма логического управления УП

Придерживаясь традиции, все операции описываются с помощью дискретных булевых логических переменных [4]. Тогда представленный выше алгоритм планирования можно записать в виде выражения, состоящего из латинских букв и значков, которые обозначают действия и ожидания:

$$(a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow -f) \& (g \rightarrow (h | i)) \& (j \rightarrow k) \rightarrow (-l \rightarrow m)$$

Описание использующихся обозначений представлено в таблице 1.

Таблица 1

Описание обозначений

Символы	Значение
a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m	Булевы переменные, представляющие операции процесса освоения дисциплины
→	Последовательность действий
&	Параллельное выполнение действий
	Выбор одной из опций
→	Зависимость или результат выполнения предыдущих действий
- f	Ожидание события f

Элементарные цепочки алгоритма:

1. $(a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow -f)$ – выполнение операций a, b, c, d, e последовательно, а затем ожидание события f .
2. $(g \rightarrow (h \mid i))$ – выполнение операции g , а затем выполнение операции h или i .
3. $(j \rightarrow k)$ – выполнение операции j , а затем выполнение операции k .
4. $(-l \rightarrow m)$ – отсутствие выполнения операции l приводит к выполнению операции m .

Параллельное выполнение операций может быть реализовано путем одновременного их запуска и проверки их состояний. Например, если операции a и b являются параллельными, то они могут выполняться одновременно, и переменные a и b могут быть обновлены соответствующим образом при завершении каждой операции.

Зависимости или результаты выполнения предыдущих операций определяются при условии, что предыдущие операции вернули ожидаемые результаты. Например, для выполнения операции b , предшествующая операция a должна быть успешно выполнена и вернуть ожидаемый результат.

Ожидание события f означает, что выполнение последующих операций зависит от наступления события f . В этом случае, пока условие $-f$ не выполнится, операции, следующие после e будут ожидать наступления события f .

Выбор одной из опций может быть реализован с помощью условных операторов. Например, если h и i являются взаимоисключающими операциями, то можно использовать условный оператор для выполнения h или i в зависимости от условия выбора.

Графическое представление алгоритма показано на рис. 1.

Начало обозначает стартовую точку процесса, каждый блок представляет собой конкретное действие или решение, а стрелки показывают порядок переходов от одного этапа к другому в зависимости от условий выполнения.

Совокупность полученных элементарных цепочек можно записать следующим образом:

$$\mu_i: -k_i' \rightarrow k_i'' \rightarrow v_i$$

Все активизированные цепочки α_i , для которых справедливо соотношение $\mu_i \subset N_i$ (N_i – различные входные состояния) и конъюнкции $-k_i'=1$, будут срабатывать параллельно (возможно одновременно). Анализ информационного взаимодействия цепочек проводится с помощью ассоциированной алгоритму сетью Петри [5].

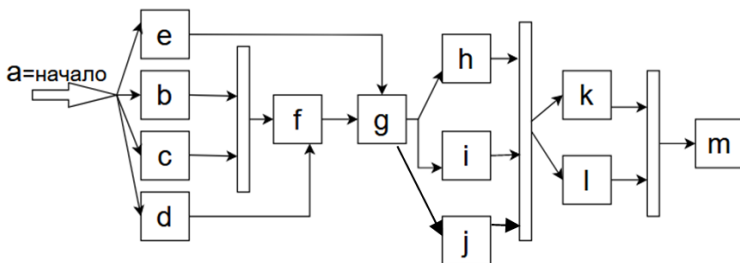


Рис. 1. Графическое представление параллельного алгоритма логического управления УП

Так как каждая цепочка α_i алгоритма μ_i имеет свои переменные, авторы предлагают анализировать информационное взаимодействие с помощью матричной схемы алгоритма μ_i : $\neg k_i' \rightarrow k_i'' \rightarrow v_i$ [6]. Для примера предположим, что переменных у каждой цепочки только две: x и y . Тогда схема будет представлять таблицу 2.

Таблица 2

Матричная схема алгоритма μ_i

k_i'	k_i''	v_i
$\neg x \wedge \neg y$	$x \wedge \neg y$	0
$x \wedge \neg y$	$\neg x \wedge y$	0
$\neg x \wedge y$	$\neg x \wedge y$	0
$x \wedge y$	$x \wedge y$	1

В матрице каждая строка представляет состояние переменных k_i' , k_i'' и v_i . Здесь « \neg » обозначает отрицание, « \wedge » обозначает логическое "И", а x и y определены переменными входного состояния. Значения в каждой ячейке матрицы показывают, выполняется ли данное условие или операция в конкретном состоянии. «1» обозначает выполнение условия или операции, а «0» – отсутствие выполнения.

Например, если текущее состояние автомата определяется значениями $k_i' = x \wedge \neg y$, $k_i'' = \neg x \wedge y$, $v_i = 0$, то это будет означать, что выполнено условие k_i' и k_i'' , но операция v_i не активна. Подобный анализ позволяет увидеть все возможные комбинации состояний переменных и соединений между ними.

Заключение

Предложенная формализация УП позволяет применить инструменты математического моделирования процесса освоения дисциплины студентом, которую можно описать с помощью алгоритмов

для создания программного продукта, имитирующего реальные процессы обучения.

Список литературы

1. Мамаева, Н. В. Современный подход к построению информационно-аналитической системы состояния и развития научной сферы в вузах / Н. В. Мамаева, Л. Б. Милютин, В. Н. Николенко, А. И. Федосеев. // М.: Открытое образование, 2014. – № 6(107). – С. 34-39.

2. Закревский, А. Д. Параллельные алгоритмы логического управления / А. Д. Закревский // Издательство Москва «Едиториал УРСС», 2003. – 200 с.

3. Kumskov, M. I. Automatic formation method for structural descriptors of organic compounds for quantitative structure-property relationships. / M. I. Kumskov [et al.] // Russian Chemical Bulletin. – 1994. – V. 43. – № 8. – P. 1317-1319.

4. Ponomareva, L. A. Instrumental implementation of the educational process model to improve the rating of the universities / L. A. Ponomareva, S. V. Chiskidov, O. N. Romashkova // CEUR Workshop Proceedings. 9. «Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ИТТММ 2019» – 2009. – P. 92-101.

5. Об автоматном моделировании процесса обучения / В. Б. Кудрявцев [и др.] // Дискрет. мат. – 1996. – Т. 8, № 4. – С. 3-10.

6. Автоматизация процесса многокритериального ранжирования студентов с помощью электронного портфолио. / Л. А. Пономарева [и др.] // Вестник Донского государственного технического университета – 2019. – Т. 19. – № 4. – С. 382-388.

Приемы построения геометрии областей в пакете FlexPDE

О. Г. Пустовалова, email: ogpustovalova@sfnedu.ru

Южный федеральный университет

Аннотация. В данной работе рассматриваются методы и приемы построения геометрии областей в пакете FlexPDE. Описаны основные команды для создания 2D объектов – line, arc, curve; и 3D объектов – extrusion, limited region, void. Показана возможность импорта геометрии из obj файла в конечно-элементный пакет.

Ключевые слова: FlexPDE, конечно-элементное моделирование, геометрия модели, obj файл.

Введение

FlexPDE «Solver for Partial Differential Equations» – прикладной программный пакет, который используется для получения численных решений задач, описываемых системами дифференциальных уравнений в частных производных [1-4]. Решения строятся на основе метода конечных элементов. Студенческая версия является свободно распространяемой, но имеет ограничение на количество ячеек триангуляции. Программа или скрипт представляет собой текстовый файл с расширением «.pde». Файл программы содержит разделы, в каждом из которых описываются некоторые данные и операции, например, переменные, уравнения, команды представления результатов работы программы, а также раздел boundaries для описания геометрии области и при необходимости – граничных условий.

Наличие полного описания задачи – уравнений и граничных условий является положительной особенностью FlexPDE по сравнению с другими конечно-элементными пакетами, так как позволяет учащемуся самостоятельно формировать описание задачи и глубже понять проблему, при наличии аналитического решения провести сравнение с полученным численным решением и сделать соответствующие выводы.

Рассмотрение задачи для дифференциальных уравнений не может быть осуществлено без задания области, на которой строится их решение. Пакет имеет обширный набор команд и методов для создания геометрических объектов в двумерном и трехмерном пространствах.

1. Построение 2D геометрии средствами FlexPDE

Создание области во FlexPDE заключается в описании ее границы с помощью: графических примитивов (line, arc); задания уравнений кривых (curve); кубических сплайнов (spline). Построение всегда начинается с команды start(x0,y0), которая задает начальную точку. Двумерная область должна быть замкнута, для этого можно использовать команду close или to close. При работе с одной областью по умолчанию ей присваивается номер 1. Если областей несколько, то они нумеруются по порядку. Существует возможность задавать имена областям в виде строк. В листинге 1 представлена структура программы для построения 2D геометрии, результат построения представлен на рисунке 1а.

Листинг 1

Построение 2D геометрии

```
title 'semicircle' {заголовок}
{раздел для задания системы координат}
coordinates cartesian2 {2D декартова система координат}
{раздел определений}
definitions
  r = 1 {радиус}
{раздел границ и граничных условий}
boundaries
{в данной задаче только одна область}
region 1
{точка начала построения области}
  start(-r,0)
{построение дуги окружности}
  arc (center=0,0) angle=-180 line to close
{раздел отображения результатов работы программы}
plots
{команда отображения геометрии области}
  grid(x,y) penwidth = 2 {penwidth - толщина линий}
  grid(x,y) nolines {nolines - область без сетки}
end {конец программы}
```

Команда feature позволяет проводить линии или кривые внутри замкнутой области. Задание таких линий аналогично построению области (region) без соблюдения условия замкнутости. Для таких линий рекомендуется задавать уникальные имена в виде строки. Команду feature обычно используют, когда, необходимо вычислить интеграл вдоль заданной линии, или когда нужно задать положение определенных узлов сетки. В листинге 2 представлен пример применения команды feature и команд exclude и fillet, первая из которых позволяет исключить область из общей геометрии, а вторая – закругляет углы; результат построения отображен на рисунке 1б.

Применение команд feature, exclude, fillet

```

title 'feature'
coordinates cartesian2
definitions
a = 3 b = 1
boundaries
region 1
  start (0,0)
  line to(a,0) fillet (r) to (a,b) fillet (r)
  to (0,b) fillet (r) line to close fillet (r)
  exclude {исключаем область из общей геометрии}
  start (a/4,b/2-b/8) arc(center=a/4,b/2) angle=360
feature 'line1' start (a/2,0) line to (a/2,b)
plots
grid (x,y)
{вычисление интегралов от y вдоль 'line1'}
report line_integral (y, 'line1' )
report line_integral ( sin (x*x), 'line1' )
end

```

Помимо простых команд line и arc существует команда curve, строящая границу по заданной кривой. В листинге 3 представлен пример построения области, часть границы которой задана в виде параболы, кроме этого, использована команда bevel для скашивания правого нижнего угла (рис 1в).

Часть границы задана функцией

```

title 'x = y^2'
coordinates cartesian2
definitions
y0=0 x0=y0^2 y1=2 x1=y1^2 r=0.3
boundaries
region 1
  start (x0,y0) curve (x = y^2) by (+y) to (x1,y1)
  line to (x1,y0) bevel(r) line to close
plots
grid (x,y)
end

```

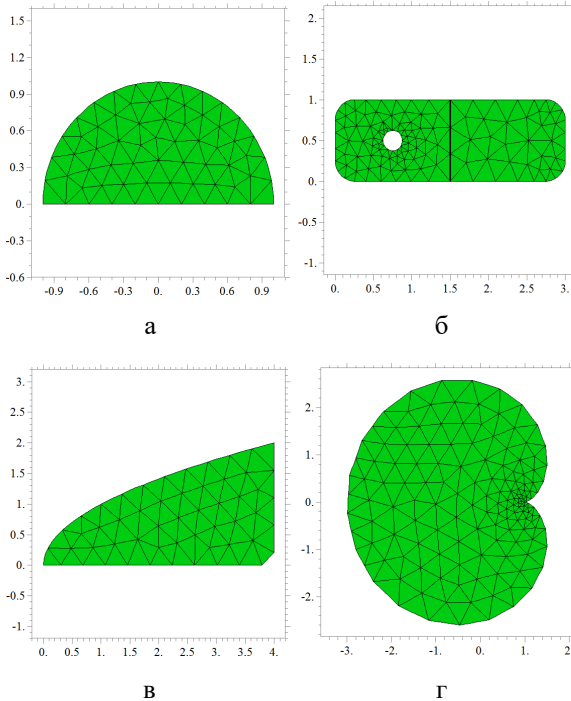
Для некоторых задач наиболее легким способом построения геометрии является задание опорных точек в виде списка или массива. Между точками списка происходит построение прямых отрезков с помощью команды line list. Координаты точек задаются в виде двух одномерных массивов. В листинге 4 представлен скрипт программы и результат построения кардиоиды (рис. 1г), построенной по опорным точкам.

Построение кардиоиды

```

title 'Cardioid'
definitions
a=1
arrx =array for i (0 by 0.2 to 6) : 2*a*cos(i)-a*cos(2*i)
arry =array for i (0 by 0.2 to 6) : 2*a*sin(i)-a*sin(2*i)
boundaries
  region 1
    start ( arrx [1], arry [1])
    line list ( arrx , arry ) to close
plots
grid (x,y)
end

```



а – команды *arc*, *line*, *б* – команды *feature*, *exclude*, *fillet*, *в* – команды *curve*, *bevel*, *г* – команда *line list*

Рис. 1. Примеры построения 2D геометрии средствами FlexPDE, применение соответствующих команд

В случаях, когда части рассматриваемого тела имеют различные физические характеристики (плотность, упругие модули, коэффициенты теплоемкости, теплопроводности и др.), и решение задачи зависит от этих величин, тогда необходимо геометрию модели разделять на несколько областей, в каждой из которой задавать соответствующие параметры задачи. Это осуществляется в разделе скрипта `boundaries` – с помощью команды `region` задается необходимое количество областей (листинг 5).

Листинг 5

Построение трех областей

```

title ' three regions '
coordinates cartesian2
definitions
  r=1
  {параметры, в разных областях имеют различное значение}
  k, m
boundaries
region 1 {первая область}
  k=1  m=10
  start (-r,-r/2) line to (r,-r/2) to (r , r/2) to (-r,r/2)
  line to close
region 2 {вторая область}
  k=1  m=20
  start (-r,-r/2) arc (center=-r,0) angle=-180 line to close
region 3 {третья область}
  k=2  m=30
  start (r , r/2) arc (center=r,0) angle=-180 line to close
plots
  grid (x,y)
  grid (x,y) nolines
end

```

2. Построение 3D геометрии средствами FlexPDE

Для построения объемных фигур в трехмерной декартовой системе координат используется раздел `extrusion`. При этом сначала строится проекция в плоскости, а затем ее «растягивают» в направлении оси OZ . Если 3D объект состоит из нескольких слоев, то для его построения, необходимо указать все слои в разделе `extrusion`. В листинге 6 представлен пример для построения двуслойного цилиндра, боковая поверхность которого описана в `region 1`, в разделе `extrusion` описаны поверхности и слои цилиндра, результат построения отображен на рисунке 2а.

Двуслойный цилиндр

```

title 'two layers'
coordinates cartesian3
select ngrid=1
definitions
  r=1
  k {формальный параметр задачи}
extrusion
  surface 'bottom' z=-r {нижняя поверхность}
  layer 'one' {первый (нижний) слой}
  surface 'middle' z=0 {средняя поверхность}
  layer 'two' {второй (верхний) слой}
  surface 'top' z=r {верхняя поверхность}
boundaries
region 1
  layer 'one' k=1 {задание свойств для 1-го слоя}
  layer 'two' k=2 {задание свойств для 2-го слоя}
  start (-r,0) arc (center=0,0) angle=360
plots
  grid (x,y,z)
end

```

Как и для двумерных объектов, допускается разделение геометрии на несколько областей, причем для каждой из областей допускается задавать собственную ограничивающую поверхность. В листинге 7 представлен пример задания различных поверхностей, результат построения – на рисунке 2б.

Двуслойный цилиндр

```

title 'surfaces definition'
coordinates
  cartesian3
definitions
  r = 1  z1=0, z2
extrusion
  z = z1, z2 { z2 будет определена в каждой из областей }
boundaries
region 1
{ определение верхней поверхности для второй области }
z2 =1 + x*sin(x)
start (-r,-r) line to (r,-r) to (r , r) to (-r,r) to close
region 2
{ переопределение верхней поверхности для второй области }
z2 =1 - x*sin(x)
start (-r,-r) line to (0,-r) to (0, r) to (-r,r) to close
plots
  grid (x,z) on y=0 nolines
  grid (x,y,z)
end

```

Более сложные 3D объекты можно строить, «вырезая» или «удаляя» части из всего объема. Для «вырезания» частей используют принципы построения многослойных тел, некоторые слои которых имеют ограниченные области с указанием спецификатора `void`, пример его использования приведен в листинге 8, геометрия объекта представлена на рисунке 2в.

Листинг 8

Использование спецификатора void

```

title 'void'
coordinates cartesian3
select
  ngrid=1
definitions
  r = 1
  p=r/2
extrusion
  z = -r, -p, p, r
boundaries
region 1
  start (-r,0)
  arc(center=0,0) angle=360
limited region 2
layer 2 void
  {кольцо в среднем слое цилиндра, которое будет удалено}
  start (-r,0) arc(center=0,0) angle=360
  start (-p,0) arc(center=0,0) angle=360
plots
grid (x,y,z)
grid (x,y) on z=0 nolines
grid (x,z) on y=0 nolines
end

```

Ограниченная область – `limited region` используются, когда только в одном слое из двух или нескольких содержится включение, занимающее некоторую часть пространства этого слоя, то есть, когда внутри 3D объекта находится еще один объект (листинг 9).

Листинг 9

Использование limited region

```

title ' limited region '
coordinates cartesian3

select
  ngrid=2
  erlim=1

definitions
r=0.5

```

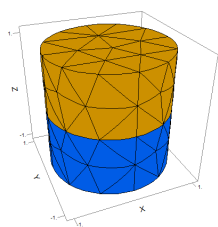


```

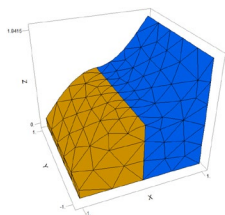
m=0.3
k=1
extrusion
z=-r, -m, m, r

boundaries
region 1
start (-r,-r)
line to (r,-r) to (r , r) to (-r,r) to close
limited region 2
layer 2
k=9
start (-m,0) arc(center=0,0) angle=360
plots
grid (x,y,z)
grid (x,y) on z=0 nolines
grid (x,z) on y=0 nolines
end

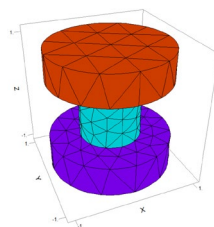
```



а



б



в

а – раздел extrusion, б – задание различных ограничивающих поверхностей в двух областях, в – спецификатор void

Рис. 2. Примеры построения 3D геометрии средствами FlexPDE, применение соответствующих методов и команд

Детальное рассмотрение приведенных примеров можно найти в [5], а более сложные и интересные примеры 3D объектов – в справочной системе пакета FlexPDE, например, в разделе справки Samples → Usage → 3D_Domains.

3. Импорт геометрии в пакет FlexPDE

Импорт геометрии во FlexPDE возможно осуществить, используя obj файл. Простейший файл для импорта можно создать в текстовом редакторе. В листинге 10 представлено содержимое obj файла, соответствующее описанию куба с единичным ребром.

Пример obj файла

```

# v - описание вершины с координатами x, y, z
# вершины нумеруются с единицы
# 1-я вершина куба с координатами x=0.0, y=0.0, z=0.0
v 0.0 0.0 0.0
v 1.0 0.0 0.0 # 2-я вершина
v 1.0 1.0 0.0 # 3-я вершина
v 0.0 1.0 0.0 # 4-я вершина
v 0.0 0.0 1.0 # 5-я вершина
v 1.0 0.0 1.0 # 6-я вершина
v 1.0 1.0 1.0 # 7-я вершина
v 0.0 1.0 1.0 # 8-я вершина
# f - задание поверхности (сторон) с номерами вершин
# поверхность, проходящая через вершины 1, 5, 8, 4
f 1 5 8 4
f 2 3 7 6
f 1 2 6 5
f 5 6 7 8
f 8 7 3 4
f 4 3 2 1

```

В листинге 11 представлен код импорта геометрии в пакет FlexPDE.

Импорт геометрии из obj файла во FlexPDE

```

title 'Import OBJ'
coordinates cartesian3
boundaries
  import OBJ 'cube.obj'
plots
! Построение геометрии
  grid(x, y, z)
end

```

Заключение

Конечно-элементный пакет FlexPDE представляет широкие возможности для построения геометрии в двумерном и трехмерном пространствах. Кроме этого, для сложных форм объектов можно воспользоваться сторонними программами, в том числе онлайн-сервисами для создания obj файлов с последующим импортом во FlexPDE.

Список литературы

1. FlexPDE Help. [Электронный ресурс]: – Режим доступа : <https://pdesolutions.com/help/index.html>
2. FlexPDE 8 User Manual [Электронный ресурс]: – Режим доступа : <https://www.pdesolutions.com/download/flexpde800.pdf>

3. Backstrom, G. Fields of Physics by Finite Element Analysis. Electricity, Magnetism, and Heat in 1D, 2D, and 3D. – Sweden : GB Publishing, 2005. – 279 p.

4. Backstrom, G. Simple Deformation and Vibration by Finite Element Analysis. – Sweden : GB Publishing, 2006. – 240 p.

5. Пустовалова, О. Г. Основы работы в конечно-элементном пакете FlexPDE : учебное пособие / О. Г. Пустовалова, В. В. Дударев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет». – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022.

Секция 5
Электронное обучение и
дистанционные
образовательные
технологии

Методология цифрового образования: принципы капсулированного обучения информатике и ИТ в интеллектуальных средах мультимодальных трансформеров и виртуальных ассистентов в условиях биосоциоцифровой трансформации общества

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 статье рассматривается методология цифрового образования и принципы капсулированного обучения информатике и ИТ в интеллектуальных средах мультимодальных трансформеров и виртуальных ассистентов в условиях биосоциоцифровой трансформации общества. Анализируются проблемы и перспективы изолирования и капсулирования традиционных образовательных ресурсов и их носителей в условиях конвергенции социальных и электронно-цифровых систем.*

***Ключевые слова:** методология цифрового образования, цифровая трансформация, социобиоцифровая конвергенция, мультимодальные трансформеры, виртуальные ассистенты, интеллектуальные среды, капсулированное обучение*

Введение

Процессы формирования профессиональных компетенций выпускников школ и вузов в области информатики и ИТ технологий в настоящее время происходят в стремительно трансформирующемся, нелинейном и неоднозначном мире проектирования и реализации инновационных проектов четвертой промышленной революции, а также влияния западных идей биоцифровой конвергенции и трансгуманизма [1]. В мире все более усиливаются геополитические потрясения и системные риски, связанные с: 1) распространением все более опасных известных и новых вирусных, грибковых и инфекционных заболеваний, 2) кризисом между старыми промышленными, банковскими и новыми цифровыми элитами, 3) проблемами глобального и финансового управления, 4) социальной нестабильностью и безработицей, 3) голодом, ухудшением экологии, вынужденной миграцией и зачастую

утилизацией частей социума и их каскадными последствиями, которые еще более усложняют взаимозависимости, скорость и сложность социальных, образовательных, экономических, политических процессов и систем в мире [2]. В условиях нарастающего экономического кризиса, попыток разработки и воплощения идей устойчивого развития, инклюзивного капитализма, так называемой «зеленой» повестки и манипулирования управляемым дефицитом ресурсов, финансов, товаров, финансов и инвестиций в мире происходит резкое обесценивание человеческих жизней, традиционных моральных и нравственных устоев и правил поведения. В кризисных условиях западные и отечественные корпорации и элиты все чаще рассмагривают людей как экспериментальные объекты социобиоцифровой конвергенции с целью возможного превращения человека в человеческий капитал/ресурс и дальнейшего манипулирования им с целью получения новых сверхприбылей [3]. Одним их эффективных инструментов такого превращения социума в настоящее время нам представляется проводимая социобиоцифровая трансформация [4] традиционных, в том числе экономических, управленческих, социальных, культурных, образовательных и воспитательных процессов. Определяющим элементом социобиоцифровой трансформации по замыслу авторов должен стать индивидуальный электронно-цифровой образовательный профиль участников процессов, например образовательных компетенций, что позволит виртуализировать человека обладающими знаниями, умениями и навыками в цифровую платформу/аватар персональных данных и позволит в свою очередь системам искусственного интеллекта оперативно анализировать поведение и сознание человека и принимать решения о дальнейшей жизни и судьбе людей, а при необходимости и вводить ограничения на возможности, права и свободы человека со стороны, как работодателей/корпораций/элит, так и со стороны руководства учебных заведений.

Принципы капсулированного обучения в интеллектуальных средах мультимодальных трансформеров и виртуальных ассистентов в условиях биосоциоцифровой трансформации

В настоящее время в области образования в РФ последовательно активно обсуждаются и реализуются инновационные, в том числе цифровые форсайт-проекты: 1) «Будущее образования и навыков: Образование 2030», 2) «Детство 2030», 3) «Россия 2045», 4) «Современная цифровая образовательная среда» (СЦОС), 5) «Цифровая школа». Ведущую роль в разработке и реализации цифровых форсайт-проектов играют: 1) Центр трансформации образования при Московской

школе управления Сколково, 2) Агентство стратегических инициатив (АСИ) по продвижению новых проектов - автономная некоммерческая организация, созданная Правительством РФ. К реализации новых цифровых образовательных форсайт-проектов активно подключаются региональные / федеральные и глобальные ИТ и коммерческие структуры и корпорации (Сбер, Роснефть, Газпром, РЖД, Росатом, Тинькофф, Яндекс, VK, Google, Microsoft, Amazon, Samsung Electronics, LG), включая корпорации, банки, бизнес и вузы РФ (МИФИ, Уральский федеральный университет, Тюменский ГУ, Университет 2035 и др.). Корпорация «Сбер», например, с этой целью создала фонд «Вклад в будущее», основной задачей, которого является апробация цифровой образовательной платформы персонализированного обучения для реализации индивидуальных траекторий платформенного цифрового обучения, сбора, накопления и использования персональных данных пользователей.

По мнению разработчиков форсайт проектов к 2025-2030 г.г. в РФ необходимо последовательно отказаться от: 1) традиционной системы / модели образования (так называемого проекта «Гутенберг») так как он уже не обеспечивает потребности современных корпораций в кадрах, ограничивает развитие корпораций в получении сверхприбылей. Таким образом традиционная модель воспитания и образования молодежи в том числе в области информатики и ИТ также устарела и должна быть трансформирована, 2) одновозрастных / уровневых учебных групп и классов, 3) дисциплинарного / предметного образования, 4) классно-урочной / лекционно-практической системы начального, общего и высшего образования, 5) традиционных воспитателей, педагогов и учителей организованных по дисциплинарному принципу / предметам / кабинетам / кафедрам, имеющих профессиональное образование, которые в новых условиях уже не могут обеспечить адекватный сбор и использование персональных данных на современном уровне развития ИТ обработки и передачи информации. [5,6] В условиях социобиоцифровой трансформации необходимо осуществлять переход к новым корпоративным образовательно-воспитательным практикам и образовательным проектам в изолированных цифровых экосистемах типа Сбер, ВТБ, Минатом (МИФИ) позволяющим обучаемым самостоятельно и мобильно в основном в игровых и виртуальных средах научиться: 1) «ориентироваться в современном мире» и 2) «быть конкурентоспособным вызовам будущего». С другой стороны, цифровые экосистемы позволят собирать более полные сведения и адекватные персональные данные об обучаемых и строить на их основе

профили компетенций и так называемые социальные аватары обучаемых.

По нашему мнению, в условиях социобиоцифровой конвергенции реализация инновационных форсайт-проектов, цифровая трансформация РФ-образования и новая цифровая экосистема образования/ воспитания / обучения информатике и ИТ в РФ должна: 1) быть частично или даже полностью изолирована / капсулирована от влияния традиционной воспитательной / образовательной среды / системы, которая должна получить в условиях цифровой трансформации статус ресурсов ограниченного / исключительного доступа субъектов, 2) быть ориентирована на перманентное активное виртуально-игровое использование современных: 2.1) интеллектуальных помощников – универсальных воспитательных и учебных зарубежных и отечественных виртуальных ассистентов (Джой, Афина, Сбер Alexa, Кортана, Google Assistant, Siri, Маруся, Vlingo, Алиса, Vixby Voice, Vixby Vision, Vixby Home и др.), 2.2) мультимодальных генеративных и предварительно предметно обученных больших языковых моделей / алгоритмов, например трансформеров типа GPT-4, GPT-3.5 машинного обучения, например компании OpenAI, 3) изолирована / капсулирована от влияния традиционных профессиональных преподавателей/воспитателей: 3.1) не разделяющих методологию цифровой трансформации, 3.2) не одобряющих активный сбор и последующее использование, например передачу/продажу/обмен и пр. новых товаров - электронных аватаров, профилей компетенций, персональных данных обучаемых/воспитателей правящим элитам, глобальному бизнесу для перманентного поиска и отбора оптимального персонала, 3.3) не ориентированных на потребности глобальных корпораций, бизнес-структур и социальные потребности, практику и запросы отечественных и зарубежных глобальных мировых элит [7-10].

В современной электронно-цифровой креативной ИТ-школе в виде цифровых корпоративных платформ экосистем обучаемые, прежде всего, должны изучать: 1) современные среды, инструменты и методы программирования, 2) методы и технологии математического и компьютерного моделирования сложных систем, 3) средства разработки аппаратных и программных комплексов вычислительных процессов, 4) актуальные вопросы кибербезопасности, 5) основы робототехники и средства ее программирования, в том числе знакомиться с основами использования и принципами создания интеллектуальных роботов, 6) изучать способы разработки и использования интеллектуальных программ-агентов – автоматических генераторов кода алгоритмов -

разработчиков новых программ, 7) изучать принципы создания распределенных, комплексных, многоагентных моделей алгоритмов для совместной работы друг с другом в цифровой среде, 8) изучать принципы создания интеллектуальных систем и алгоритмов, способных непрерывно самообучаться друг у друга в течение достаточно длительных интервалов времени, 9) изучать принципы, модели и языки программирования для создания роботов, интеллектуальных помощников и мультимодальных трансформеров, 10) изучать принципы самоорганизации обучаемых в цифровой среде, 11) изучать современные методы работы с распределенным /удаленным контентом на основе процессов 11.1) извлечения, 11.2) чтения, 11.3) обобщения, 11.4) анализа, 11.5) комментирования различных воспитательных / учебных процедур и данных, 12) изучать принципы генерирования адекватных и креативных реакций / ответов создавая тем самым новый цифровой контент, процессы и пользователей субъектов: 12.1) надёжного, 12.2) социально-лояльного, 12.3) прогнозируемого и 12.4) креативного, управляемого, молодого поколения субъектов /пользователей / граждан территорий / анклавов цифровой среды. В процессе изучения разделов дисциплин информатики и ИТ цифровые платформы позволят эффективно и качественно собирать персональные данные об обучаемых, [11-13] формировать электронные портфолио, генерировать цифровые аватары обучаемых обучаемых, что позволит в свою очередь искусственному интеллекту принимать цифровые решения об их дальнейшей жизни, судьбе, возможностях и правах и далее передавать эти цифровые решения мониторинговым и прокторинговым структурам корпоративных и мировых элит.

По нашему мнению, на практике формирование и наполнение контента аватара/ цифрового профиля компетенций в области информатики и ИТ и персональных данных на новых корпоративных цифровых платформах может осуществляться на основе активной работы обучаемых с современными интеллектуальными помощниками и ассистентами - роботами: 1) Салют – многофункциональное и многохарактерное семейство виртуальных ассистентов Джой, Афина и Сбер (разработчик компания «Сбер»), 2) Vixby - многофункциональное и многохарактерное семейство виртуальных ассистентов Vixby Voice, Vixby Vision, Vixby Home (разработчик компания Samsung Electronics), 3) персональный ассистент - облачный сервис Google Assistant и персонализированный сервис поиска Google Now (разработчик Google), 4) программный клиент iOS, iPadOS, watchOS, macOS, tvOS - вопро-ответная система Siri компании Apple, 5) приложение - виртуальный ассистент Voice Mate девайсов LG - Optimus Vu, LTE II, L7, L9, L9 II, F3,

F5, F6, F7, G, G Pro, G2, G Pad 8.3 и др., 6) виртуальный ассистент Alexa компании Amazon, 7) помощник пользователя - виртуальный ассистент Vlingo для поддержки Symbian, Android, iPhone, BlackBerry, 8) виртуальный голосовой помощник Алиса компании Яндекс, 9) виртуальная голосовая помощница с элементами искусственного интеллекта Кортана от Microsoft, 10) голосовой помощник Маруся компании VK, 11) виртуальный голосовой помощник Олег в сфере лайфстайл-услуг и финансов группы Тинькофф, 12) голосовые помощники Дуся, Вова, Емеля и др., 13) автомобильное мобильное приложение Android Auto от Google и др. Это позволит обучаемым на практике освоить принципы уверенного и корректного чтения контента, безопасного понимания цифровых знаков и смыслов, надёжного и социально-лояльного извлечения, обобщения, анализа, комментирования различных цифровых данных и контента из социальных сетей, ресурсов цифровых платформ школ и вузов, интернет, СМИ, рекламы, телевидения, а также понимать принципы генерирования алгоритмами искусственного интеллекта адекватных и креативных ответов [14]. Для реализации концепции капсулированного цифрового обучения традиционные средства, формы представления и субъектные носители информации должны быть по возможности оперативнее трансформированы в изолированные / капсулированные образовательные ресурсы ограниченного доступа. Формы электронного обучения на цифровых платформах не должны предусматривать очного присутствия на занятиях традиционных учителей и/или воспитателей [15]. Формирование персональных программ обучения, поток заданий, образовательный прокторинг, наблюдение, контроль и менторский присмотр за обучаемыми должен осуществляться по запросам и под контролем новых цифровых «преподавателей» и «воспитателей» на базе алгоритмов искусственного интеллекта: 1) мультимодальных трансформеров, интеллектуальных распределенных агентов – тьюторов, 2) цифровых роботов - «менторов», 3) системных образовательных наблюдателей тестовых процессов прокторинга - проктологов образовательных испытаний в процессе персонализированного обучения, 4) виртуальных «цифровых воспитателей». Для этого на начальном этапе параллельно необходимо создавать цифровые платформы сбора, анализа и использования персонализированной информации с интегрированными базами данных обучаемых, родителей, их семей и родственников, выявляя их связи и степень влияния друг на друга и между ними. Параллельно необходимо формировать базы данных по изолированным / капсулированным ресурсам (образовательные ресурсы ограниченного доступа,

персональные данные о традиционных воспитателях / учителях / преподавателях и воспитателях. Функционально в процессе цифрового воспитания / обучения трансформеры, агенты, менторы и проктор-роботы должны наблюдать, контролировать и осуществлять прокторинг за всеми воспитательными и учебными процессами, например, следить за тем, как 1) регистрируются и чем занимаются в учебное и свободное время, 2) обучаемые посещают занятия и проходят испытания/тесты, 3) что говорят и как ведут себя на занятиях, 4) как пользуются ресурсами, 5) как входят на те или иные ресурсы и сети, 6) что думают, как думают и чем занимаются при этом. По нашему мнению, результатом социобиоцифровой трансформации на первом этапе должно быть и значительное ограничение традиционных родительских и семейных функций по контролю воспитательных и образовательных процессов. Тотальный сквозной контроль за социальным поведением, духовной, культурой, игровой воспитательной деятельностью, контроль за материальными потребностями, перемещением, режимом питания и сна обучаемых должен осуществляться в основном «цифровыми воспитателями» – трансформерами, агентами и роботами в процессе непрерывного воспитательного/образовательного прокторинга. Для этого цифровым платформам на базе искусственного интеллекта в первую очередь будет необходимо собирать и анализировать персональные данные индивидуальных траекторий развития: 1) уровни социальной лояльности воспитуемых/обучаемых, 2) характер и особенности социального поведения воспитуемых/обучаемых, 3) просмотренный контент и реакции воспитуемых/обучаемых на него, 4) особенности мышления, сознания и поведения воспитуемых/обучаемых. На основе персональных данных цифровых аватаров можно будет формировать: 1) уровень социального/воспитательного/образовательного рейтинга, который в свою очередь может определять потенциальные возможности, права и свободы воспитуемого/обучаемого, например, в доступе к ресурсам, контенту, услугам (в том числе инфокоммуникаций, связи и навигации), [16-18] финансам, транспорту, материальным и духовным ценностям, еде, друзьям, родственникам, знакомым и пр., 2) уровень доступа обучаемых к процессам и потокам данных, информации, знаниям, опыту, например, к субъектам в социальных сетях, интернет-ресурсам, открытым/закрытым информационным фондам/библиотекам/хранилищам, 3) в случае необходимости можно будет формировать перспективные корректирующие/адаптивные программы управления индивидуальным поведением и сознанием с целью дальнейшего расширения/ограничения возможностей, прав и

свобод, 4) порядок и формы коммуникаций с социальным окружением, 5) порядок доступа к ресурсам, контенту и др. Возможно, что в условиях планируемого социобиоцифрового управления воспитанием/образованием может возникнуть синдром ослабления традиционного родительского и семейного контроля и отчетности, в этих условиях необходимо будет моделировать и разрабатывать новую виртуальную этику поведения как обучаемых так и их представителей (родителей) в цифровом анклавe/среде, определять ответственность и отчетность обучаемых и их представителей (родителей) перед искусственным интеллектом «виртуальных воспитателей» - трансформерами, агентами и роботами, но также и другими обучаемыми - членами учебной группы и самое главное перед потенциальными работодателями – корпорациями, отечественными и мировыми элитами [19,20].

Заключение

В условиях переходных процессов на начальных этапах воспитательные / образовательные процессы обучения информатике и ИТ в интеллектуальных средах мультимодальных трансформеров и виртуальных ассистентов в условиях био социобиоцифровой трансформации общества внешне будут напоминать перманентный хаос, традиционные преподаватели и родительская общественность видимо не сможет оперативно оказывать влияние/отказаться от влияния на обучаемых, а молодежь по привычке не сможет самостоятельно самоорганизоваться и адаптироваться к новым условиям социобиоцифрового воспитания/обучения, в связи с этим, по-видимому будут значительно увеличиваться и воспитательные и образовательные риски, таким образом, на начальном этапе практического этапа социобиоцифровой трансформации будет необходимо поддерживать частично и «ручное» управление учебно-воспитательными процессами и со стороны традиционных воспитателей, учителей, педагогов и преподавателей, но это нужно делать под обязательным контролем алгоритмов мониторинга и фиксации всех внешних традиционных «ручных» процессов со стороны искусственного интеллекта.

Список литературы

1. Сафиуллин, А. Р. «Умный город»: ключевые характеристики в условиях четвертой промышленной революции / А. Р. Сафиуллин, А. А. Александров // В книге: Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы. – 2018. – С. 69-80.
2. Абрамян, Г. В. Современные тенденции, риски и информационные угрозы персонализации обучения в условиях цифровизации образования и вирусной пандемии / Г. В. Абрамян //

Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазиева. – Воронеж, 2023. – С. 1302-1311.

3. Копыльцов, А. А. Цифровые образовательные ресурсы и их роль в современном образовании / А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2020. – Т. 1. – С. 320-322.

4. Гладиллина, И. П., Цифровая трансформация образования: зарубежный и отечественный опыт / И. П. Гладиллина, И. Г. Ермакова // Современное педагогическое образование. – 2021. – № 3. – С. 8-12.

5. Копыльцов, А. А. / Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 32-36.

6. Янкевичус, А. А. Система оптимизации штатов на основе дифференциации сотрудников технических служб сервиса и консультирования пользователей персональных компьютеров в педагогическом университете / А. А. Янкевичус, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 126.

7. Levina, A. I. Digital transformation of business: approaches and definitions / A. I. Levina, A. A. Galanova // Technoeconomics. – 2022. – V. 1. – № 1 (1). – P. 65-74.

8. Maydanova, S. A. Digital transformation strategy development in an enterprise architecture context / S. A. Maydanova, I. V. Ilin // Technoeconomics. – 2023. – V. 2. – № 1 (4). – P. 64-75.

9. Xiaohe, X. Digital transformation trends of China's insurance industry after the COVID-19 pandemic / X. Xiaohe // Tomsk State University Journal of Economics. – 2021. – № 54. – P. 228-238.

10. Абрамян, Г. В. Риски и угрозы электронного обучения в условиях экосистемы цифрового образования / Г. В. Абрамян // Современное образование: традиции и инновации. – 2023. – № 2. – С. 194-200.

11. Копыльцов, А. В. Оценка качества программного обеспечения / А. В. Копыльцов // Институт информатизации образования (Северо-Западный филиал); Ленинградский государственный областной университет им. А.С. Пушкина. – Санкт-Петербург, 2000.

12. Кусаинова, А. С. Инструменты и методы оценки функционирования IT-инфраструктуры высшего учебного заведения / А.С. Кусаинова // Вестник университета Туран. – 2016. – № 4 (72). – С. 297-300.

13. Шагай, М. А. Современные тенденции и особенности управления качеством обучения в системе среднего образования Ленинградской области в информационной среде / М. А. Шагай, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 125.

14. 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. – 2015. – С. 100.

15. Мынбаева, А. К. Обзор новейших теорий образования: Педагогика 2.0, Образование 3.0 и Хьютагогика (Эвтагогика) / А. К. Мынбаева // Вестник Казахского национального университета. – Серия Педагогические науки. – 2019. – Т. 61. – № 4. – С. 4-16.

16. 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. – 2015. – С. 213.

17. 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. – 2015. – С. 92.

18. Ситдииков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдииков, И. Ю. Буснюк, Е. О. Тупий, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18.

19. Denisova, A. L. Digital transformation and corporate strategy / A. L. Denisova, A. N. Lopatnikov // Upravlenie. – 2022. – V. 10. – № 2. – P. 71-79.

20. Савельев, С. Д. Информационная модель распределенной автоматизированной информационной системы кадрового учета в финансовом университете при Правительстве РФ на основе удаленного вызова процедур «Тонкий клиент» / С. Д. Савельев, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 218.

Модель SAMR: цифровизация учебного процесса

Г. Н. Асланова, email: gu_la_ga@mail.ru
З. А. Сеферова, email: zarina_seferova@mail.ru

Дагестанский государственный университет народного хозяйства

***Аннотация.** Интерес к цифровизации учебного процесса в образовании возник практически сразу с повсеместным использованием компьютеров и внедрением современных информационных технологий в нашу жизнь. В статье дается понятие электронного обучения, описываются модели обучения с применением электронных образовательных технологий, рассматривается модель SAMR как способ описания того, как информационные технологии могут повлиять на преподавание и обучение, анализ влияния компьютерных технологий на обучение.*

***Ключевые слова:** цифровизация, электронное обучение, модели обучения, образовательные технологии, модель SAMR.*

Введение

Цифровизация учебного процесса сегодня является важной частью цифровой трансформации. Применение электронного обучения и цифровых образовательных ресурсов повышает эффективность всего процесса обучения.

Процесс обучения всегда являлся информационным процессом так как он сопровождался использованием, передачей, обработкой информации.

Под термином «информатизация образования» следует понимать:

– массовое внедрение в педагогическую практику информационных технологий, основанных на широком использовании вычислительной и информационной техники, с целью создания условий для перестройки учебной деятельности и расширения познавательных возможностей обучающихся;

– в широком смысле – комплекс социально-педагогических преобразований, связанных с насыщением образовательных систем информационной продукцией, средствами и технологией; в узком смысле – внедрение в учреждения системы образования средств, основанных на микропроцессорной технике, а также информационной продукции и педагогических технологий, базирующихся на этих средствах.

1. Цифровизация учебного процесса

Цифровизация учебного процесса – это преобразование традиционных методов обучения и использование цифровых технологий для улучшения качества образования. Этот процесс включает в себя интеграцию различных видов технологий, от интерактивных досок и онлайн-платформ до цифровых учебных материалов и облачных сервисов, в образовательную среду.

К преимуществам цифровизации учебного процесса можно отнести:

1. Интерактивность и привлекательность – презентации, видеоматериалы делают процесс обучения нагляднее, интереснее, разнообразнее.

2. Индивидуализация обучения – цифровые учебные платформы позволяют адаптировать материал под индивидуальные потребности студентов, предоставляя им персонализированный путь обучения.

3. Доступ к образовательным ресурсам – использование интернета и цифровых сервисов обеспечивает более широкий доступ к образовательным ресурсам, включая учебные материалы, научные статьи и платформы для обучения.

4. Развитие навыков будущего – цифровые технологии помогают студентам осваивать навыки использования современных инструментов и развивать компетенции, необходимые в цифровой экономике.

Вызовы и возможные проблемы:

– неравенство доступа к технологиям – одинаковый доступ к цифровым устройствам и высокоскоростному интернету может быть не у всех обучающихся, что может привести к неравенству в обучении;

– необходимость подготовки педагогов – интеграция цифровых технологий требует от педагогов не только технических навыков, но и понимания того, как эффективно использовать их в учебном процессе;

– безопасность данных и конфиденциальность – использование цифровых платформ поднимает вопросы безопасности данных и необходимости защиты личной информации студентов.

Примеры цифровизации учебного процесса:

– использование мобильных приложений для обучения арифметике и грамоте в начальных классах;

– онлайн-курсы и вебинары для студентов старших классов и студентов вузов;

– использование интерактивных досок и электронных учебников в классе.

2. Модель SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition)

Цифровизация учебного процесса приводит к изменениям, для измерения которых можно воспользоваться моделью SAMR (см рис). Модель SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) представляет собой способ описания влияния информационных технологий на процесс преподавания и обучения, иными словами, проводится анализ влияния компьютерных технологий на обучение.

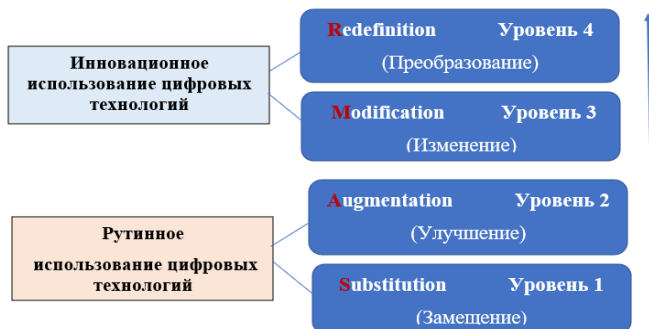


Рисунок. Модель SAMR

Данная модель описывает четыре уровня интеграции технологий в учебный процесс и помогает педагогам понять, насколько эффективно они используют технологии в учебных задачах.

1. Замещение (Substitution). На этом уровне технология просто замещает традиционные методы, не принося значительных изменений в процесс обучения. Например, использование электронных книг вместо бумажных.

2. Дополнение (Augmentation). Здесь технология предоставляет некоторые улучшения по сравнению с традиционными методами, но процесс обучения в целом остается прежним. Например, использование интерактивных тестов вместо обычных тестов на бумаге.

3. Модификация (Modification). На этом этапе, технология позволяет педагогу внести реальные изменения в способы обучения. Это может быть, например, использование коллаборативных онлайн-платформ для совместной работы и обсуждения.

4. Переопределение (Redefinition). На этом самом высоком уровне, технология полностью меняет процесс обучения, открывая новые возможности, которые без нее были бы недоступны. Например,

использование виртуальной реальности для погружения студентов в образовательный контент.

Среди примеров использования модели SAMR можно рассмотреть:

– Замещение (Substitution) – использование электронных таблиц для работы с данными или проведения определенных расчетов (в целях замещения бумажных тетрадей цифровыми таблицами);

– Дополнение (Augmentation) – использование электронных учебников, которые содержат интерактивные видеоролики, аудиофайлы или дополнительные ссылки на интересные материалы для расширения знаний студентов (можно использовать как дополнение к традиционному учебному материалу);

– Модификация (Modification) – создание совместного проекта в гугл-документах с возможностью одновременной работы над текстом, добавлением комментариев и внесением изменений.

– Переопределение (Redefinition) – создание мультимедийных презентаций (включая видео, аудио, иллюстрации) с использованием специализированных инструментов или программ, что позволяет представить материал в новом, более интерактивном формате.

В каждом из этих примеров учебной деятельности мы видим, как использование цифровых технологий от замещения до переопределения оказывает влияние на процесс обучения, делая его более интерактивным, более индивидуализированным и более эффективным.

Заключение

SAMR помогает преподавателям понять, как они могут более эффективно использовать технологии для улучшения процесса обучения и дает им понимание того, какие виды технологий могут принести наибольшую ценность в учебную деятельность.

Понимание этой модели позволяет осознать, какие виды технологий могут принести наибольшую ценность в учебный процесс и поддерживать их обучающихся в развитии навыков, необходимых для успеха в современном цифровом мире.

Список литературы

1. Асланова, Г. Н. IT-технологии как способ повышения эффективности обучения / Г. Н. Асланова // Современные исследования. – 2019. – №3. – С. 35-38.

2. Асланова, Г. Н. Модели обучения с применением электронных образовательных технологий / Г. Н. Асланова // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XXI Международной научно-методической конференции (Воронеж, 11-12 февраля 2021 год). – Воронеж, 2021. – С.2008-2012.

Цифровое домашнее задание по предметам социально-гуманитарного цикла

Е. Е. Беловолова, email: bee1971@mail.ru
М. О. Столярова, email: stuckalova.marina@yandex.ru
Р. В. Трошина, email: rimma-tro@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15»

***Аннотация.** В статье рассмотрены виды цифровых домашних заданий, которые может использовать учитель социально-гуманитарных предметов в своей педагогической деятельности. Предложены варианты онлайн-платформ, на которых размещены готовые домашние задания, дан обзор сервисов, на которых задания можно разработать самостоятельно. Определены преимущества различных вариантов задач, которые можно предложить в качестве домашней работы.*

***Ключевые слова:** Цифровое домашнее задание, Яндекс.Учебник, ЯКласс, Учи.ру, РЭШ, Google Класс, тетрадь Skysmart, Edpuzzle, LearningApps, WordWall, Surprise Me, онлайн-доска*

Введение

Один из самых дискуссионных вопросов дидактики – каким должно быть домашнее задание – в настоящее время имеет дополнительный ракурс, связанный с цифровизацией современной системы образования. Вынужденный переход к дистанционному обучению в 2020 году поставил проблему цифрового домашнего задания в число наиболее обсуждаемых.

В 2022 г. Минпросвещения России закрепило понятие «домашнее задание». Под ним подразумевается самостоятельная подготовка ученика к урокам во внеучебное время. Было отмечено, что подготовка «домашнего задания» осуществляется учеником дома или в иных условиях, в том числе в цифровой образовательной среде. И предусматривает выполнение обучающимися письменных и устных, практических, творческих, проектных, исследовательских работ [1].

Возможности цифровых домашних заданий для предметов социально-гуманитарного цикла

В широком смысле, под домашним заданием в цифровом виде, как правило, понимают задание, предполагающие его выполнение с применением электронных образовательных ресурсов, в том числе Интернет-ресурсов, и оформленное в электронном виде [3, с.36]. Такая широкая трактовка понятия позволяет отнести к цифровым домашним заданиям любую работу, которая выполняется с помощью различных девайсов. В период дистанционного обучения педагоги (в том числе и учителя социально-гуманитарного цикла) чаще всего выдавали задания по учебнику, учащиеся выполняли их, делая записи в тетради, фотографировали ответы и отсылали на проверку. То есть само домашнее задание мало чем отличалось от привычного (хоть и представленного в электронном виде). Для связи использовались Дневник.ру и электронная почта учеников и учителей.

Часть педагогов для проведения уроков, контроля знаний и выдачи домашнего задания использовала Google Класс, так как эта платформа позволяла получить обратную связь с учащимися. Учитель мог комментировать выполненную работу, а ученик – переделать или доделать при необходимости.

При этом нельзя не признать, что учителя активно искали онлайн-платформы, которые позволяли бы упростить процесс выдачи и проверки домашних заданий. С тех пор значительно выросло число педагогов, которые применяют в своей деятельности материалы Яндекс.Учебника, ЯКласса, Учи.ру, РЭШ и других. Эти сервисы позволяют учителю собирать наборы из заданий закрытого типа, предлагать эти наборы классу и видеть результаты автоматической проверки, как правило, сразу в виде оценок по пятибалльной шкале.

Проведенный среди педагогов лица опрос показал, что все учителя начальной школы хотя бы два раза в месяц задают домашние задания на онлайн-платформе, Учи.ру, более четверти – раз в неделю и чаще. Часть педагогов являются победителями Программы «Активный учитель». Платформа Учи.ру учитывает скорость и правильность выполнения заданий, количество ошибок ученика. Для каждого ребенка система автоматически подбирает персональные задания, их последовательность и уровень сложности. Учителя математики и физики активно используют для выдачи домашнего задания платформу Якласс. Изучение предметов гуманитарного цикла предполагает не только знание дат, событий, понятий, правил и т.д., но и комплексную работу с художественным текстом, историческими источниками, публицистикой, критических статей и т.п. В связи с этим цифровые

домашние задания по истории, литературе, русскому языку должны иметь свою специфику.

Задания по социально-гуманитарным предметам на сайте РЭШ могут быть использованы скорее для закрепления знаний и тренировки перед проверочными работами. На платформе ЯКласс есть тестовые задания для разных предметов. Однако их использование может быть затруднено необходимостью подключения функции Я+, оплаты доступа к платформе.

Учителя социально-гуманитарных дисциплин могут разработать тестовые задания к параграфу учебника или видео-уроку самостоятельно. Данная функция доступна и на платформе Дневник.Ру. В разделе «Результаты тестирования» можно просмотреть список учеников, которые выполнили цифровое домашнее задание. Нажав на строку с фамилией конкретного ученика, можно увидеть список вопросов и ответов учащегося. Таким образом, учитель имеет возможность отследить характер ошибок ученика, допущенных им в работе. Удобно также пользоваться сервисами Online Test Pad. В конструкторе предусмотрено большое количество различных настроек тестов: одиночный и множественный выбор, ввод текста и т.п. Учитель может задавать самостоятельно параметры оценивания и параметры прохождения теста. Пробуют педагоги использовать для составления заданий и различные модели на базе нейросетей.

Тестирование в качестве домашней работы поможет подготовиться к диктанту или самостоятельной работе.

Есть возможность педагогам применять интерактивные тетради-тренажеры и онлайн-задачники. Самым известным продуктом в этой серии учебных материалов является тетради Skysmart. Тетради имеют несомненные преимущества, так как включают готовые задания различных типов с возможностью цифрового выполнения заданий и автоматической проверкой их выполнения. Результаты можно увидеть в личном кабинете учителя Skysmart с группировкой по ученикам и классам. Таким образом, у учителя есть возможность не только быстро оценить выполнение работы, но и детализировать прогресс отдельно взятого учащегося.

Цифровой сервис «Рабочие тетради» издательства «Просвещение» отличается разнообразием форм интерактивных домашних заданий: задания с картами, с иллюстрациями, на установление соответствия, узнать литературного героя по описанию и другие. Сервис позволяет установить защиту от списывания и проверку заданий автоматически.

В случае невозможности использовать тетради есть вариант разработки интерактивного рабочего листа. От бумажного он отличается

тем, что может содержать не только тексты и иллюстрации, но и видео и аудио-контент, что очень актуально для преподавания истории, обществознания и литературы. Ученик может выполнять задания прямо на цифровом листе. Для этого применяется, например, веб-сервис Live Worksheets.

Педагоги уже давно определили, что школьник тогда с интересом выполняет домашнее задание, когда понимает, что оно полезно для него: он узнает что-то важное или усовершенствует свое умение учиться. Домашнее задание может быть творческим, может игровым или состязательным. Актуальны для преподавания литературы и истории цифровые домашние задания в виде обучающих видео с встроенными в них заданиями, вопросами и комментариями. Такая возможность предоставляется, например, в сервисе Edpuzzle. Педагог может вырезать нужный фрагмент художественного или документального фильма, видеурока, добавить к нему звуковой комментарий. Интересным вариантом является включение в видео теста или вопросов викторины, которые можно открыть в необходимый для задания момент. Для отслеживания прогресса школьников и проверки данных ими ответов ученики должны быть авторизованы в системе и быть участниками класса, в котором размещено интерактивное видео [2, с.53].

LearningApps – это конструктор интерактивных заданий, которые помогут закрепить знания в игровой форме. Сервис позволяет создавать разные виды упражнений. Так, например, учителю истории и обществознания удобно использовать задания «Хронологическая линейка» и «Ранжирование», позволяющее расставить события прошлого в хронологической последовательности. Упражнения «Пазл» подойдет для отработки умения находить причинно-следственные связи. Для учителя русского языка и литературы удобны задания типа «найди пару», позволяющие отрабатывать умения находить и классифицировать грамматические ошибки, задание «заполнить пропуски» и «ввод текста» или «расставить знаки препинания». Этот же конструктор можно использовать для создания кроссвордов как обычных, так и с иллюстрациями, фрагментами аудио и видео. Простота и удобство интерфейса конструктора способствуют повышению познавательного интереса учащихся, экономят время участников образовательного процесса.

Возможности геймификации есть и у многофункциональной платформы WordWall, располагающем большим количеством игровых шаблонов. Онлайн-конструктор Surprise Me предназначен для создания квестов – мини-путешествий определенной тематики. Игра предполагает «перемещение по станциям», переход от одной к другой

происходит в случае правильного выполнения задания. Педагог добавляет в шаблон необходимый материал и задает нужные параметры перехода от первого этапа к последующим.

Современная концепция преподавания социально-гуманитарных предметов требует обязательной реализации проектно-исследовательской деятельности. Мини-проекты могут стать частью домашней работы учащихся. Разработка анкеты и проведение социологических исследований с помощью Google-опроса, создание компьютерных коллажей по заданной исторической эпохе или определенному литературному произведению, разработка буктрейлеров или подкастов – возможности для педагога и ученика благодаря цифровым ресурсам значительно расширяются. Педагоги-практики предлагают в качестве домашнего задания составление нелинейных текстов, например, биография писателя может быть представлена в виде инфографики, а отбор наиболее употребляемых в речи подростка неологизмов может быть представлен в виде рейтинга.

Онлайн-доска позволяет организовывать новые формы коллаборативного обучения, в том числе предполагает возможность выполнения домашних заданий группой. Например, совместно разработать ментальную карту, оформить коллаж, организовать мозговой штурм и т.п. Примером интерактивной доски, доступ к которой осуществляется через Интернет, является Migo. Стикеры, множество различных инструментов помогают оформлять идеи, структурировать, комментировать, стимулируя совместное творчество учащихся.

Заключение

Таким образом, цифровые домашние задания обладают рядом преимуществ. За счет автоматизации экономится время, которое тратит педагог на подготовку и проверку домашнего задания, предоставляется своевременная обратная связь. Упражнения можно индивидуализировать или дифференцировать, есть возможность подбирать разные задания под разные цели (практика, проверка знаний, проектная деятельность и т.п.). Домашнее задание в цифровом виде – продуктивный и интересный инструмент, дополняющий традиционные методы контроля педагогом знаний, развития творческих способностей учащихся, коммуникативных навыков, формирования аналитического мышления. Задача учителя – оптимально подбирать форму и материал для выполнения домашней работы, сочетать цифровые задания с традиционными.

Список литературы

1. Приказ Министерства просвещения РФ от 7 октября 2022 г. № 888 «О внесении изменений в Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по основным общеобразовательным программам - образовательным программам начального общего, основного общего и среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 22 марта 2021 г. N 115» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/documents/2022/11/11/minpros-prikaz888-site-dok.html>
2. Ускова, И. В. Дидактические основания домашней учебной работы в основной школе в условиях современной информационно-образовательной среды / И. В. Ускова // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2019. – Т. 1. – № 2. – С. 35-49.
3. Ефимова, Е. А. Каким должно быть цифровое домашнее задание: обзор зарубежных исследований / Е. А. Ефимова // Информатика и образование. – 2021. – Т. 36. – № 6. – С. 51-59.

«История» как элемент предметной информационно-образовательной среды

Н. Г. Бойко, email: boikonatg@gmail.com

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15», г. Воронеж

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются элементы электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, используемые при реализации программ по учебному предмету «история» и предметным учебным курсам в МБОУ «Лицей № 15».*

***Ключевые слова:** информационно-образовательная среда, электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, Российская Электронная Школа, учебные курсы, ФГОС.*

Введение

Современное образовательное пространство чувствительно к внешним условиям. «Ковидные» ограничения способствовали внесению в 2021 году изменений в Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ в статью 16 «Реализация образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий» [1]. В основной образовательной программе основного общего образования (ООП ООО) и основной образовательной программе среднего общего образования (ООП СОО) МБОУ «Лицей № 15» в разделе «Информационно-методические условия реализации программ» зафиксировано следующее:

«Создаваемая в МБОУ «Лицей № 15» информационная образовательная среда (ИОС) строится в соответствии со следующей иерархией:

- единая информационно-образовательная среда страны;
- единая информационно-образовательная среда региона;
- информационно-образовательная среда учреждения;
- предметная информационно-образовательная среда;
- информационно-образовательная среда УМК;
- информационно-образовательная среда компонентов УМК;
- информационно-образовательная среда элементов УМК».

Электронная информационно-образовательная среда лицея – основа реализации учебной программы по предмету «история»

Использование информационных технологий в преподавании истории способствует наиболее полному достижению планируемых результатов по данному учебному предмету в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами.

Главная задача реализации образовательной программы по истории с использованием ИКТ в МБОУ «Лицей № 15» – создать условия для функционирования электронной информационно-образовательной среды. Во-первых, это материальная база, информационно-техническая инфраструктура лицея, которая соответствует современным требованиям дистанционного обучения. В качестве основного информационного ресурса, доступного всем участникам образовательного процесса, используется образовательная платформа Дневник.ру. Во-вторых, лицензионное программное обеспечение, наличие электронных учебно-методических материалов по предмету, включенных в федеральный перечень. В-третьих, уровень квалификации учителей истории лицея в области электронного обучения, соответствующий требованиям ФГОС (все учителя имеют высшую квалификационную категорию), наличие службы поддержки. В-четвертых, уровень мотивации и самоорганизации обучающихся лицея при освоении предметного содержания.

Организация обучения истории осуществляется по двум моделям: непосредственного взаимодействия педагога с учениками и опосредованного.

Основное достоинство электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) – построение и реализация индивидуальной образовательной траектории учеников и персонализация обучения. Наиболее часто используемой платформой в лицее при изучении истории является Российская Электронная Школа (РЭШ). Отрадно отметить, что авторами-разработчиками отдельных разделов являются и учителя истории МБОУ «Лицей № 15». Все лицеисты зарегистрированы в системе и пользуются преимуществами РЭШ: визуализация содержания, аудиофайлы, тренировочные задания, контрольные двух вариантов. Однако существенным недостатком является различная стилистика написания тем (авторство в данном случае имеет негативный оттенок) и разная глубина изложения тематического исторического материала.

Активно используются также ресурсы ЯКласс, Учи.Ру и другие.

ЭО и применение ДОТ осуществляется в следующих режимах: тестирование on-line; консультации и уроки on-line; предоставление

методических материалов; сопровождение off-line (проверка тестов, самостоятельных и контрольных работ, различные виды текущего контроля и промежуточной аттестации).

Возможности электронного обучения используются в лицее при разработке учебных курсов части, формируемой участниками образовательных отношений. В 6 классе реализуется учебный курс «Опыт исторического исследования». Предметные результаты освоения курса предполагают, что у учащегося будут сформированы целостные представления об исторических источниках и их многообразии; понимание того, что восстановление достоверной картины прошлого возможно только на основе поиска необходимой информации в одном или нескольких источниках (при работе с научной, справочной и художественной литературой, Интернет-источниками и т.д.). Для этого имеется открытый доступ к различным информационным ресурсам. Ученики отбирают необходимый материал из многообразных источников для самостоятельного решения задач исследования.

В 7 классе реализуется учебный курс «Историческая география», который формирует грамотный анализ карт, атласов, произведений искусства и текстов, отражающих историко-географические данные. Инструментарий интерактивной доски позволяет наносить на электронные карты основные географические объекты и события разных исторических периодов, сопоставлять физическую, экономическую, политическую карту современной России и историческую карту, располагать события и явления отечественной истории в географическом пространстве.

Учебные курсы на основе ЭО стимулируют интерес ребёнка к предмету и придают учебному процессу актуальное содержание.

Наряду с положительными возможностями создания индивидуальной траектории обучения, дистанционное обучение на первых порах выявило ряд отрицательных моментов, а именно:

- негативные эмоции преобладающей части родительской общественности, вызванные стереотипом восприятия образовательного процесса в массовой школе;
- неготовность учащихся самостоятельно без непосредственного контроля учителя осуществлять обучение;
- отсутствие в некоторых семьях технических средств, слабое техническое обеспечение, а также проблемы с доступом к Интернету;
- многообразие образовательных платформ, используемых педагогами;
- низкий уровень владения необходимыми навыками отдельными учителями.

Для преодоления проблем в лицее проводится системная профилактическая работа с целью формирования позитивного отношения педагогов, обучающихся и их родителей.

Таким образом, ЭО и ДОТ:

- способствуют повышению эффективности образовательного процесса и реализации образовательной программы в строгом соответствии планируемыми результатами по учебному предмету «история» на уровнях основного и среднего общего образования;

- обеспечивают дистанционное взаимодействие лиц с другими организациями образования (возможности сетевого обучения);

- способствуют интенсификации самостоятельной образовательной деятельности учеников на основе реализации их индивидуальных образовательных планов, в том числе участие в дистанционных исторических олимпиадах, конференциях, фестивалях и конкурсах;

- осуществляют взаимодействие педагогов с различными категориями школьников, имеющими проблемы с непосредственным посещением учебного заведения (индивидуальное обучение на дому, продолжительная болезнь, участие в соревнованиях, причины, не зависящие от участников образовательных отношений и др.).

Заключение

В заключение хотелось отметить, что в лицее своевременно определяются и принимаются необходимые меры по приведению информационно-методических условий реализации основных образовательных программ общего образования в соответствии с требованиями обновленных ФГОС.

Приказом департамента образования Воронежской области от 17 января 2023 года № 28 «О мероприятиях по созданию в 2023-2025 годах на базе общеобразовательных организаций детских технопарков «Кванториум» в рамках реализации регионального проекта «Современная школа» МБОУ «Лицей № 15» внесён в реестр на 2024 год. Подобная перспектива позволит использовать оборудование, средства обучения и воспитания Школьного Кванториума на всех уровнях общего образования для реализации урочной и внеурочной деятельности, в том числе и по программам гуманитарной направленности (с проведением также дистанционных мероприятий).

Список литературы

1. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

Внедрение элементов электронного обучения при создании интерактивных заданий по предметам физико-математического цикла

О. А. Валуйская, email: olgavalujskaya@yandex.ru

МБОУ «Лицей № 15» города Воронежа

***Аннотация.** В данной работе представлен обзор платформы с различным подбором интерактивной информации, рассмотрены некоторые опции для их применения при составлении заданий по физике и астрономии, а также для осуществления проектно-исследовательской деятельности.*

***Ключевые слова:** элементы электронного обучения, IT-технологии, интерактивные платформы, программный продукт, мотивация к обучению, интерактивные лабораторные и практические работы, параметрические исследования, индивидуальная траектория развития, проектно-исследовательская деятельность обучающихся.*

Введение

IT-технологии довольно быстрыми темпами прочно и навсегда вошли во все сферы жизни человека и являются важной компонентой в современном образовании. Стоит сказать в целом о документообороте в образовательных учреждениях различного уровня, электронных журналах успеваемости и посещаемости, различных образовательных платформах.

На сегодняшний день невозможно представить урок без IT-поддержки: применение интерактивных презентаций, создание новых дидактических материалов, просмотр видео фильмов, самостоятельная работа обучающихся с использованием ПК (планшетов) и коллективная работа на интерактивных экранах [1-4].

Неотъемлемой частью воспитательных мероприятий стало применение интерактивных презентаций с фото и видео-иллюстрацией, викторинами и играми.

Крайне важную роль играют эти технологии при создании и выполнении домашних заданий различного характера: индивидуальные и коллективные, тесты и творческие задания, анализ научной литературы и выполнение интерактивных лабораторных работ.

Подобные задания помогут разнообразить деятельность обучающихся, мотивируют их к обучению того или иного предмета,

формируют познавательную активность, воспитывают самостоятельность.

Сфера применения интерактивной платформы «Ваш гид в мире космоса» для создания интерактивных заданий

Интерактивная платформа «Ваш гид в мире космоса» содержит богатую научную информацию по таким разделам как: физика, астрономия, космология.

В разделе физика можно найти статьи по актуальным вопросам: большой адронный коллайдер, управляемый термоядерный синтез, что такое время.

В астрономическом разделе представлены материалы по темам: давление света, космическое излучение, способы измерения масс планет.

Также можно познакомиться с современными представлениями космологии по направлениям: как появилась Вселенная, тепловая смерть вселенной, Мультивселенная.

Платформа обладает понятным интерфейсом и удобной навигацией по различным разделам.

Рассмотрим некоторые опции этого интерактивного продукта.

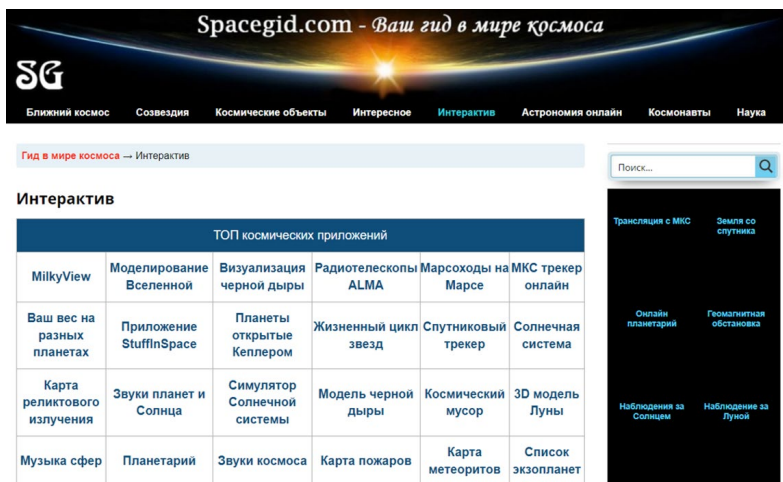


Рис. 1. Интерактивные опции на платформе «Ваш гид в мире космоса»

На этой платформе представлен широкий диапазон интерактивных окон по различной тематике: онлайн планетарий, геомагнитная

обстановка, карты метеоритов, орбиты спутников, информация об экзопланетах. Есть возможность моделирования черных дыр и Вселенной, изучения различных планетных систем, созвездий и звезд.

Опции платформы позволяют создать для обучающихся интересные интерактивные домашние задания, содержащие «фантастические добавки». Например, для учащихся 7 класса по физике можно предложить задание по определению веса тела и ускорения свободного падения на других планетах. К тому же тут будет уместно еще одно задание «Лови ошибку!». Это интерактивное окно с точки зрения физики содержит ошибку о таких ключевых понятиях как масса и вес тела, поэтому ребята сначала должны найти эту ошибку, а затем после коррекции выполнить основное задание.



Рис. 2. Демонстрация изменения физических величин на других планетах

Существуют классические практические работы по астрономии «Определение параметров звезд по диаграмме Герцшпрунга-Расселла». В ходе работы, обучающиеся смогут определить следующие параметры звезд: светимость, абсолютную звездную величину, температуру, спектральный класс, принадлежность к группе гигантов, звездам главной последовательности и т.д.

Учащимся 10-11 классов, изучающим астрономию, есть возможность по выполнению подобной работы в интерактивном режиме при открытии окна «Жизненный цикл звезд».

Возможности интерактивной диаграммы более разнообразны. Процессы, происходящие со звездой во времени, можно наблюдать как в статичном режиме, так и в динамике. Рядом с диаграммой есть дополнительные окна, представляющие информацию об изменениях

Список литературы

1. Демкин, В. П., Технологии дистанционного обучения / В. П. Демкин, Г. В. Можаява. – Томск: РГППУ, 2003. – 108 с.
2. Сборник трудов докладов Всероссийского съезда учителей физики. – М.: МГУ, 2011. – 428 с.
3. Григорьев, С. Г. Теоретические основы создания образовательных электронных изданий / С. Г. Григорьев, В. В. Гриншкун [и др.]. – Томск: Изд-во Томского университета, 2002. – 86 с.
4. Крылова, О. Н. Новая дидактика современного урока в условиях введения ФГОС ООО: Методическое пособие / О. Н. Крылова, И. В. Муштавинская. – СПб.: КАРО, 2014. – 144 с.

Дистанционное обучение: одиннадцать лет спустя

О. Н. Волова, email: volova_o_n@mail.ru

МОУ «Новохоперская гимназия №1»

***Аннотация.** Сегодня не требует объяснение словосочетание «дистанционное обучение» хотя совсем недавно это казалось чем-то невероятным. Настоящим спасением для всех без исключения стали дистанционные технологии в период пандемии, позволяя продолжать обучение, профессиональную деятельность, несмотря на ограничения и предосторожности.*

***Ключевые слова:** Дистанционное обучение.*

Введение

Сегодня не требует объяснение словосочетание «дистанционное обучение» хотя совсем недавно это казалось чем-то невероятным. Настоящим спасением для всех без исключения стали дистанционные технологии в период пандемии, позволяя продолжать обучение, профессиональную деятельность, несмотря на ограничения и предосторожности.

А помните, с чего все начиналось? Да, да сентябрь 2012 года, воронежский институт повышения квалификации педагогических работников, курсы по использованию образовательной платформы «Телешкола». Как многим нам не очень все это нравилось. Педагоги задавали вопрос «зачем это школьному учителю?». А сегодня преподаватель, неспособный применить дистанционные образовательные технологии, не владеющий основами организации электронного обучения, теряет свои конкурентные преимущества в профессиональном сообществе.

1. Дистанционное обучение

Изначально дистанционное обучение использовалось отдельными категориями учащихся: дети, не имеющие возможности посещать занятия в школе, находящиеся на длительном лечении, студенты. А сегодня эта форма взаимодействия используется не только учащимися, студентами, но и многими специалистами, не имеющими отношение к образовательной деятельности. Дистанционные технологии позволяют многим сотрудникам работать удаленно, не выходя из дома. Это

поддерживает продуктивность и связь между коллегами, несмотря на физическую удаленность.

В настоящее время существует несколько моделей дистанционного обучения [1,2]. Каждая из моделей имеет свою специфику и предназначена для решения конкретных дидактических задач.

2. Элементы дистанционного обучения в МОУ «Новохоперская гимназия №1» сегодня

В МОУ «Новохоперская гимназия №1» дистанционное обучение реализуется с 2012 года. За это время реализовывались разные модели дистанционного обучения: от занятий с детьми-инвалидами до массового обучения всех учащихся в «пандемийный» период. Для проведения занятий использовались различные платформы: Skype, Discord, Zoom, Moodle, OneNote Class notebook, Microsoft Teams. Все эти программы осваивали учителя и учащиеся.

В условиях постоянно меняющегося мира и быстрого технологического прогресса дистанционные образовательные модели становятся все более гибкими. Сегодня в гимназии реализуются такие модели дистанционного обучения:

Модель «Дистанционное обучение на базе ВКС»

Модель интерактивного телевидения. Эта модель полностью имитирует очную форму. Учитель и учащиеся могут вступать в контакт (по типу телемоста). Соответственно данная модель требует присутствия учителя и учащихся в определенное время на определенной дистанционной платформе. Занятия по модели «Дистанционное обучение на базе ВКС» в гимназии проводятся с использованием отечественной образовательной платформы Сферум. В ходе виртуальных занятий предлагается широкий набор средств коммуникации, включая видео- и аудиоконференции, чаты и доски для общения и обмена идеями, есть возможность обмена файлами. Это обеспечивает интерактивность и взаимодействие, как будто учащиеся и учитель находятся в одном классе, несмотря на удаленность.

В этом учебном году занятия по технологии ВКС проходят с МКОУ «Центральская СОШ» по информатике. Учащиеся 10-11 классов в рамках проекта «Акселератор персональных профессиональных маршрутов», направленного на создание единого образовательного пространства на территории Воронежской области, занимаются с региональными ВУЗами: ФГБОУ ВО ВГУИТ, ФГБОУ ВО ВГПУ, ФГБОУ ВО ВГУ, ФГБОУ ВО ВГТУ, ФГБОУ ВО ВГАУ.

Оператором данной модели дистанционного обучения выступает государственное бюджетное учреждение дополнительного

профессионального образования Воронежской области «Институт развития образования имени Н.Ф. Бунакова».

Модель «Интеграция очного и дистанционного обучения»

Использование этой модели основывается на ресурсах образовательных платформ. В разные годы в гимназии для дистанционных занятий использовали различные образовательные платформы. На сегодняшний день в нашей школе с успехом реализуются такие обучающие платформы как «Учи.ру» в начальной школе, «ЯКласс» в среднем и старшем звене и «МЭО» в среднем звене и для реализации внеурочных занятий «Код будущего».

В школе данная модель может использоваться:

- для работы с одаренными учащимися;
 - для ликвидации пробелов в обучении;
 - в самостоятельной, проектной, исследовательской деятельности;
 - в работе по индивидуальным программам;
 - для подготовки к итоговой аттестации.
- Кроме учебных занятий в гимназии организуются и другие формы дистанционного взаимодействия:
- школьный тур всероссийской олимпиады школьников организован с использованием дистанционных технологий;
 - участие в дистанционных олимпиадах и конкурсах;
 - учителя гимназии проходят курсовую подготовку в дистанционной форме.

Заключение

Сегодня элементы дистанционного обучения вплотную переплетаются с традиционными методами обучения, открывая новые возможности для учебного процесса и расширяя доступ к знаниям.

Однако, несмотря на все преимущества, дистанционное обучение также имеет свои вызовы. Некоторые учащиеся могут испытывать трудности в самоорганизации и мотивации без постоянного присутствия преподавателя. Также важно учитывать технические аспекты, такие как доступ к интернету и компьютерным ресурсам, чтобы гарантировать равные возможности для всех учащихся.

Тем не менее, несмотря на эти ограничения, дистанционное обучение все чаще становится неотъемлемой частью образования в сельских школах. Оно помогает преодолеть проблемы нехватки педагогических кадров и расширить возможности обучения для учащихся. Вместе с современными технологиями и энтузиазмом учителей, дистанционное обучение может стать мощным инструментом развития образования.

Список литературы

1. Педагогические технологии дистанционного обучения: учебное пособие для вузов / Е. С. Полат [и др.]; под редакцией Е. С. Полат. – 3-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 392 с.
2. Методика дистанционного обучения: учебное пособие для вузов / М. Е. Вайндорф-Сысоева, Т. С. Грязнова, В. А. Шитова; под общей редакцией М. Е. Вайндорф-Сысоевой. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 194 с.

Опыт реализации технологии E-learning в учебно-образовательном процессе подготовки студентов в системе высшего профессионального образования (на примере преподавания ИКТ дисциплин)

В. С. Грачева, email: victoriabelova@yandex.ru

С. А. Зайцева, email: Z_A_S_@rambler.ru

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с цифровой трансформацией системы высшего профессионального образования. Подчеркивается значимость применения ИКТ в академической среде в целях оптимизации учебно-образовательной и научно-исследовательской деятельности. Раскрывается сущность технологии электронного обучения «e-learning» в условиях цифровой дидактической концепции. Дается краткий обзор LMS-систем, применяемых международными высшими учебными заведениями. На примере некоторых российских вузов, имеющих «цифровые кафедры», автор подчеркивает важность приобретения цифровых компетенций студентами, а также необходимость применения практико-ориентированного подхода к обучению. В качестве примера реализации технологии «e-learning» на микро-уровне представлен авторский электронный ресурс контекстно-ориентированной методики обучения будущих преподавателей иностранного языка дисциплине «Дистанционные технологии». Электронный курс подготовлен на базе образовательной платформы EdApp и демонстрирует возможности цифровых технологий подготовки студентов к профессиональной деятельности.*

***Ключевые слова:** цифровая трансформация образования, ИКТ-технология, электронное обучение, цифровая образовательная среда, технология «e-learning», LMS-системы, цифровые компетенции, электронный курс, платформа EdApp.*

Введение

Фундаментальные цифровые изменения, происходящие в системе высшего образования, поступательно реформируют структуру образовательного процесса: методы и средства обучения, организационные формы обучения, а также деятельность

преподавателей и студентов. Информационно-коммуникационные технологии позволяют улучшать качество образования, оптимизируя организацию академической деятельности участников учебно-воспитательного процесса. Обучение студентов, будущих педагогов дисциплинам ИКТ также является необходимой частью трансформации спроектированных учебных программ, открывая широкие возможности выпускникам на рынке труда. Формирование общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций студентов обеспечивается, в том числе, благодаря современным цифровым технологиям и способствует их дальнейшему профессиональному росту.

Новые правила порядка применения электронного обучения, закрепленные на законодательном уровне, утверждены Приказом Министерства образования и науки РФ в октябре 2023 г. Информационные системы, онлайн курсы, цифровой образовательный контент, цифровые образовательные сервисы, цифровое индивидуальное портфолио обучающегося – это компоненты цифровой образовательной среды высшего учебного заведения, которые эффективно взаимодействуют с традиционными алгоритмами работы структуры образовательного процесса, решая научные и образовательные задачи.

Реализация технологии E-learning в учебно-образовательном процессе

Цифровая трансформация образовательного процесса приносит новые перспективы системе высшего образования в России, а также и в других странах, например, США, Германии, Великобритании. Происходит активное вовлечение студентов в учебную деятельность и повышение мотивации, в том числе, благодаря открытому и быстрому доступу к потоку информации, цифровым библиотекам, интерактивным приложениям, элементам виртуальной и дополненной реальности. Искусственный интеллект (AI – artificial intelligence) позволяет анализировать прогресс учащихся и результаты обучения, персонализировать образовательный процесс [1]. Электронные платформы облегчают применение автоматизированных систем оценивания, оптимизируют административные процессы вузов. Согласно данным исследования, проведенного группой ученых из Вьетнама в рамках работы над библиометрическим анализом научных обзоров по цифровой трансформации образования на основе базы данных SCOPUS с 1999 по 2022 гг, Российская Федерация возглавила список стран по наибольшему количеству публикаций (20,1% из всех публикаций), что почти вдвое больше, чем Германия, занявшая второе место (141 публикация) [1]. Таким образом, вопросы в области

цифровизации образования являются для России приоритетными и закреплены в федеральном проекте «Цифровая образовательная среда».

Современные цифровые системы и оборудование помогают оптимизировать процессы, связанные с научно-исследовательской работой на кафедрах, в научно-исследовательских институтах, осуществлять подготовку научно-педагогических кадров, облегчают анализ результативности научной деятельности, автоматизируют процессы управления и проведения фундаментальных и прикладных исследований.

Термин «e-learning» (электронное обучение) объединяет широкий спектр понятий, связанных с организацией и обучением в информационно-коммуникационном пространстве. Буква -e- является аббревиатурой английского слова «electronic» (электронный), то есть связанный с применением электронных устройств. Большой словарь иностранных слов трактует данный термин, как «относящийся к электронике» [2]. Семантическое значение слова «электронный», то есть непосредственно связанный с «электроном» и со всем, что «основано на его свойствах» [3]. Если мы обратимся к этимологии термина «e-learning», то найдем информацию о том, что впервые данное выражение было использовано в профессиональном контексте на конференции Techlearn в 1999 г., проходящей ежегодно в США. Компании из различных индустрий представляют прогрессивные идеи в сфере обучения и развития (LD - learn and development) и технологические продукты [4].

Электронное обучение является современной и динамично-развивающейся частью учебно-образовательного процесса, включает такие составляющие, как информационная электронно-образовательная среда вуза (ЭОИС) и LMS-системы для единого администрирования и управления образовательным процессом. ЭОИС содействует и облегчает процесс взаимодействия участников образовательного процесса. ЭОИС обеспечивает интерактивность «информационно-педагогического и информационно-компьютерного взаимодействия» [5].

Технология «e-learning» встраивается в привычный учебный процесс системы высшего профессионального образования, качественно меняя традиционные виды организации учебно-образовательного процесса. Так, например, во время проведения лекционных и практических занятий в залах и аудиториях, студентам демонстрируют материалы, используя аудио-визуальный ряд на электронных досках или панелях. На практические занятия со студентами, организованные в аудиториях с компьютерным оборудованием, есть возможность приглашать экспертов отрасли для проведения электронного обучения –

семинар-практикум, семинар-дискуссия, семинар-исследование. Для успешного осуществления таких занятий необходим беспроводной или оптоволоконный доступ в Интернет, а также различные программы и сервисы, такие как Skype, Zoom, Google meet, Microsoft Teams, Pruffine, Webinar, Trueconf, Discord, Яндекс Телемост.

Учебно-методическое обеспечение разрабатывается с учетом применения ИКТ для внедрения и реализации государственной программы электронного обучения. Большинство вузов разрабатывает свои электронные УМК, а также учебные курсы на образовательных платформах вузов и платформах российских и международных провайдеров.

Опыт всемирно известных международных вузов, таких как Кембриджский, Гарвардский, Оксфордский, Йельский, Стэнфордский университет демонстрирует использование многочисленных LMS-систем в рамках организации учебного процесса, например, HBS online, Inspira, Tovuti, Moodle, D2L Brightspace, Canvas, eLeaP, Edusity, Paradiso, NEO, itslearning.

Для проведения промежуточной аттестации и экзаменационной сессии университет Оксфорд использует онлайн платформу Inspira, являющуюся ведущим международным провайдером электронной аттестации учащихся. Данная платформа представляет комплексный функционал организации учебно-образовательной работы со студентами, поддерживая различные системы и устройства, не требует установки на компьютер. Университет использует платформу Inspira для проведения онлайн экзаменов, сдачи курсовых работ.

В рамках реализации проекта Минобрнауки и Минцифры «Приоритет 2030» федерального проекта «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» в ведущих российских вузах (132 университета) открылись «цифровые кафедры», позволяющие студентам с профилем подготовки в ИТ-сфере, а также студентам других профилей подготовки получить вторую квалификацию в сфере информационных технологий. Так, например, в Московском государственном институте международных отношений (университет) МИД РФ занятия по программам профессиональной переподготовки, нацеленные на приобретение цифровых компетенций и повышения эффективности обучения, проводят сотрудники организаций IT-сектора и эксперты практики на базе онлайн платформы SkillFactory CS. План обучения разработан с учетом компетенций, которые студенты приобретают в процессе получения образования по основной специальности. По завершении обучения проводится оценка уровня сформированности цифровых компетенций студентов. Профессорско-

преподавательский состав института также занимается разработкой и созданием электронных обучающих курсов для студентов по своим предметам на базе LMS-системы вуза. Платформа располагает широким функционалом: тексты, презентации, аудио и видео, контроль знаний.

В рамках формирования компетенций по иммерсивным технологиям, необходимых для выполнения новой профессиональной деятельности по направлению подготовки «Прикладная информатика», студенты Московского городского педагогического университета могут получить следующие квалификации: специалист по информационным системам, графический дизайнер, аналитик данных, программист, специалист по интернет-маркетингу.

В Московском государственном психолого-педагогическом университете в целях формирования цифровых компетенций обучающихся не ИТ-профиля, созданы условия по включению всех заинтересованных лиц в процесс освоения основ программирования и анализа эмпирических данных в рамках таких дисциплин, как «Технологии разработки программного обеспечения», «Прикладное ПО для решения психологических задач».

Цифровая кафедра Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского подготовила для слушателей две программы дополнительного образования: «Основы алгоритмизации и программирования», «Технологии цифровой трансформации: виртуальная и дополненная реальность, 3D-моделирование, системы распределенного реестра» с получением квалификации «Программист» и «VR/AR-разработчик».

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого реализует для студентов прохождение практики в цифровых компаниях. По итогу завершения процесса обучения, слушатели программы получают дополнительную квалификацию: «Специалист по цифровым инструментам и технологиям в образовательной организации».

В Ивановском государственном университете для будущих учителей математики, информатики и технологии созданы программы профессиональной переподготовки (получения дополнительной квалификации) «Образовательная робототехника»; «Педагогика дополнительного образования: 3D-моделирование»; «Системное администрирование образовательного учреждения», которые расширяют спектр профессиональных возможностей выпускников.

На микроуровне технологии «e-learning» может быть реализована в рамках контекстно-ориентированной методики, применяемой при проектировании и исполнении дисциплинарных программ. В настоящей

статье мы рассмотрим вопрос обучения будущих преподавателей иностранного языка дисциплине «Дистанционные технологии» на базе Шуйского филиала ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет». Целевой аудиторией выступают студенты 4 курса по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование с двумя профилями подготовки («Начальное образование»; «Иностранный язык») факультета педагогики и психологии очной формы обучения. Для этого разберем функционал электронной платформы EdApp и возможности применения цифровых технологий на практических занятиях в рамках электронного обучения. EdApp – американская онлайн платформа для создания учебно-образовательных курсов, функционирующая без предустановочных процессов, находящаяся в облачном хранилище. Программа является полностью бесплатной для пользователей. Для начала работы на платформе необходимо зарегистрироваться, введя логин и пароль. Сервис позволяет создавать онлайн уроки с тестированием, обратной связью. Для начала проектирования курса необходимо «создать курс», затем выбрать необходимые установки (курс с нуля, курс с использованием искусственного интеллекта - AI, коллекция курсов). Для создания курса с использованием AI выбираем из списка нужный пункт, пишем ключевые слова темы курса, например, family and friends. Время, затраченное на создание мини курса с помощью искусственного интеллекта, около 30-40 секунд. Общее время, которое затратит ученик на прохождение курса ориентировочно 7-10 минут. Искусственный интеллект называет курс «Importance of Relations» (Важность взаимоотношений) и разбивает на отдельные блоки (Рис.1 а): «The value of family» (Ценность семьи), «Types of relations» (Виды взаимоотношений), «Benefits of friendships» (Положительные моменты дружбы), «Nurturing relationships» (Отношения с заботой), «Balancing relationships» (Отношения в балансе), «Conflict resolution» (Решение конфликтных ситуаций), «Supportive relationships» (Отношения с поддержкой), «Maintaining Healthy boundaries» (Соблюдение личного пространства), «Multiple choice» (Множественный выбор), «Circle the answer» (Обведи ответ), «Chat» (Чат), «Carousel» (Карусель), «Multiple choice» (Множественный выбор).

Одним из недостатков онлайн курса, подготовленного средствами AI, является высокий уровень подачи лексического материала, что затрудняет его применение в рамках образовательного процесса для обучающихся начальных классов. В этой связи для успешного применения электронного мини курса необходимо самостоятельное его наполнение с помощью инструмента «курс с нуля». Согласно учебно-

методическому обеспечению и рабочей программе учебного предмета английский язык для обучающихся 2-4 классов для формирования элементарной иноязычной коммуникативной компетенции в устной и письменной речи и расширения лингвистических навыков, кругозора, обучающимся необходимо распознавать не менее пятисот лексических единиц, используемых в курсе УМК «Starlight».

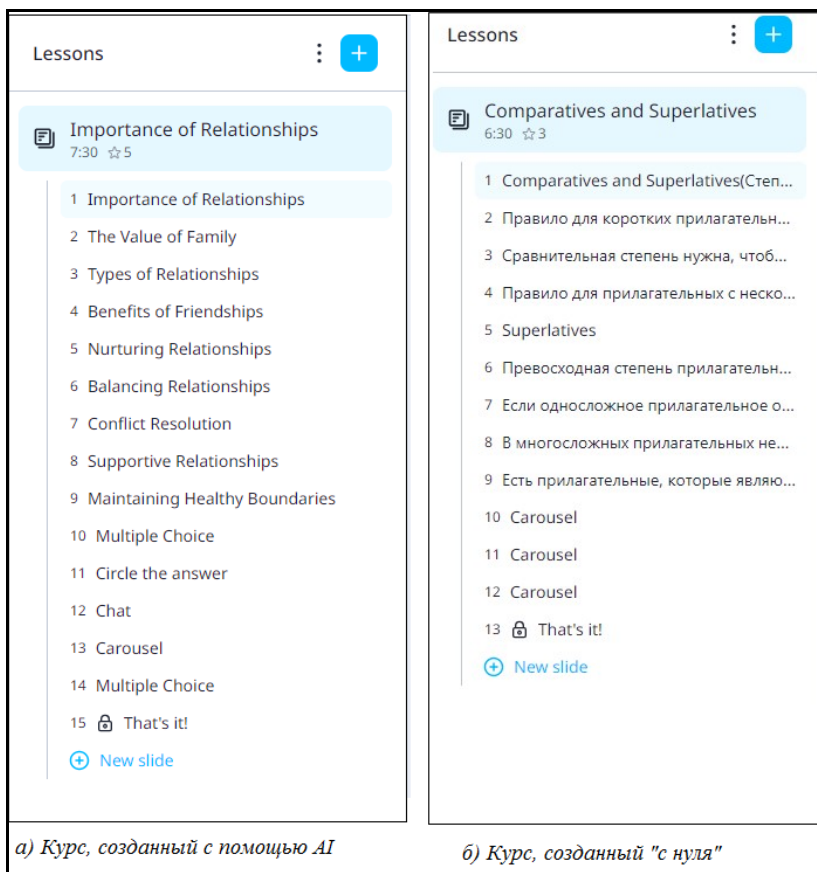


Рис. 1. Созданные авторами курсы

Рассмотрим грамматическую тему «Comparatives and Superlatives» (степени сравнения имен прилагательных), образование по правилу и с исключениями, лексическая тема «Animal elections», УМК «Starlight 4 part 1». При создании нового курса, традиционно задаем название курса,

составляем мини описание или краткий обзор, прикрепляем изображение с помощью инструментов: медиа библиотеки или загрузки с компьютера. Через функцию «добавление нового слайда» есть возможность выбрать необходимый формат из обширной библиотеки (текст, картинка, видео, различные типы тестов, игры). После наполнения курса учебным материалом, составляем несколько тестов на проверку знаний по теме. Мини курс возможно отправить по электронной почте ученику или поделиться ссылкой в мессенджерах. Рис.1 б) демонстрирует фото готового курса, он находится справа на изображении. В рамках данной технологии возможно создать учебный курс (электронный ресурс) на любую тематику и применить в педагогической практике.

Заключение

Формирование иноязычной компетентности будущих учителей иностранного языка в условиях цифровой дидактики происходит в рамках соответствующего профессионального контекста [6]. В этой связи применение современных технологий в системе высшего образования, в том числе технологии электронного обучения является закономерным и планомерным этапом обучения студентов, а также осуществления профессиональной переподготовки, в том числе перекалфикации или получения второго высшего образования по другой специальности [7]. ИТ-технологии являются одним из инструментов осуществления инновационной деятельности вузами и академическим сектором, позволяя вывести качество предоставляемого образования, а также фундаментальные и прикладные научные исследования на новый уровень. Новаторская деятельность исследовательских институтов, научно-исследовательская деятельность вузов, разработки практикующих педагогов представляют научному сообществу новые знания в области организации на основе ИТ-технологий проектной деятельности обучающихся, оптимизации рабочих учебных программ и дисциплин, контроля усвоения материала учащимися и др.

Список литературы

1. Trinh Thi Phuong T. Digital transformation in education: A bibliometric analysis using Scopus / T. Trinh Thi Phuong [et al.] // Eur Sci Ed. – 2023. – 49:e107138
2. Большой словарь иностранных слов [Электронный ресурс]: словарь. – Режим доступа: <https://gufo.me/>

3. Современный словарь иностранных слов: свыше 7000 сл. и выражений, толкование значений, происхождение, употребление / Л.П. Крысин; РАН. – Москва : АСТ – Пресс, 2012. – 411 с.

4. Sander, T. Take a trip through the history of e-learning, December 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e-student.org/history-of-e-learning/>

5. Сэкулич, Н. Б. Интерактивная электронная информационно-образовательная среда университета как средство формирования ИКТ-компетенции студентов / Н. Б. Сэкулич // автореф. дис. ... канд. пед. Наук. – Улан-Удэ, 2018. – С. 26.

6. Зайцева, С. А. Методические приемы контекстно-ориентированного обучения будущих учителей иностранного языка в процессе освоения ими цифровых технологий / С. А. Зайцева, В. С. Грачева // Перспективы развития высшей школы: материалы IV междунар. науч.-практ. конф, 2023 г. – Тюмень, 2023. – Т.1. – С. 157-164.

7. Крутых, А. В. Внедрение инноваций в систему высшего образования России / А. В. Крутых // Международный научно-исследовательский журнал, 2017 г. – №2 (56). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://research-journal.org/archive/2-56-2017-february/vnedrenie-innovacij-v-sistemu-vysshego-obrazovaniya-rossii> (дата обращения: 24.01.2024).

Использование интерактивной доски при решении задач по физике

А. В. Грищенко, email: alyonuska5911@yandex.ru ¹

А. О. Усова, email: aberketova@inbox.ru ²

¹ Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей № 15»

² Муниципальное бюджетное образовательное учреждение «Школа № 99»

***Аннотация.** В статье речь идет об электронном обучении, которое реализуется через применение современных средств. Приведены задания с использованием интерактивной доски для того, чтобы помочь учащимся восьмых классов детально разобраться в физических процессах при решении различных типов задач по физике.*

***Ключевые слова:** интерактивная доска, решение задач.*

Введение

Решение физических задач традиционно и справедливо считается показателем усвоения теоретического материала. Не стоит забывать о том, что умение их решать не возникает само собой, ему нужно обучать. Современные тенденции развития электронных ресурсов дают возможность для формирования методической основы в процессе обучения решения задач по физике. Инфраструктуру электронного обучения составляют аппаратные и программные средства [1]. При организации электронного обучения эти средства необходимо рассматривать в едином комплексе. Во-первых, это средства управления программным обеспечением и ввода данных, например, сенсорная панель, документ-камера. Во-вторых, устройства представления учебной информации к которым относятся: проектор, аудиосистема, интерактивная доска. В-третьих, средства компьютеризации учебного физического эксперимента, речь идет о датчиках.

Познавательная деятельность учащихся включает в себя восприятие, представление и воображение, мыслительную переработку на базе естественного и искусственных языков (анализ и синтез, сравнение и противопоставление), систематизация приобретенных знаний, применение и совершенствование их на практике. Одновременно очень важную роль в процессе обучения играет интерактивность. Мы придерживаемся точки зрения, одним из самых

наглядных и эффективным средством решения задач является интерактивная доска.

Разработка заданий

При решении задач об изменении агрегатных состояний веществ полезно вычерчивать примерные графики процессов, так как они наглядно показывают специфику этих процессов.

Условие задачи. В сосуде с водой был лёд при температуре -100°C . Какая ошибка допущена при построении графика (рис.1)?

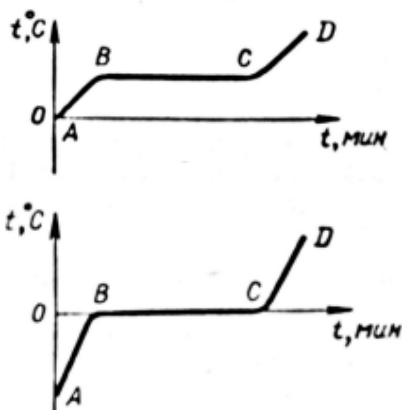


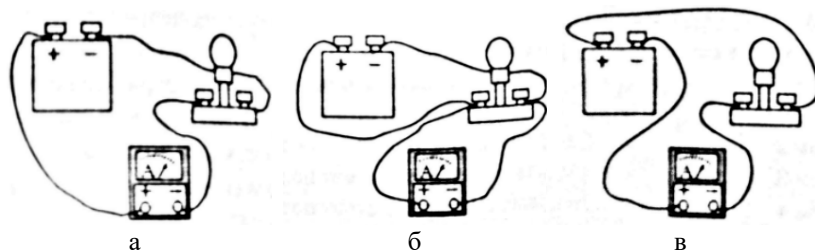
Рис. 1. Графики плавления для одного кристаллического тела (лёд) [3]. Оба графика построены неверно

В первую очередь во время обсуждения следует обратить внимание учащихся, что удельные теплоёмкости одних и тех же веществ в жидком и твердом состоянии разные. Во-вторых, педагог акцентирует внимание на температуру плавления льда, анализируют почему участок BC параллелен оси времени. Данное задание приводит к следующему результату, учащиеся указывают на разный наклон линий AB , CD , так как удельная теплоемкость льда и воды неодинаковая.

Преимущества использование интерактивной доски в этом задании в том, что увеличивает количества иллюстративного материала. Не придется тратить время, чтобы нарисовать на меловой доске, значит подготовленные картинки увеличивают темп работы учащихся на уроке. Привлекают такие задания учащихся тем, что они могут исправлять или корректировать графики с помощью маркеров, добавляя цвета.

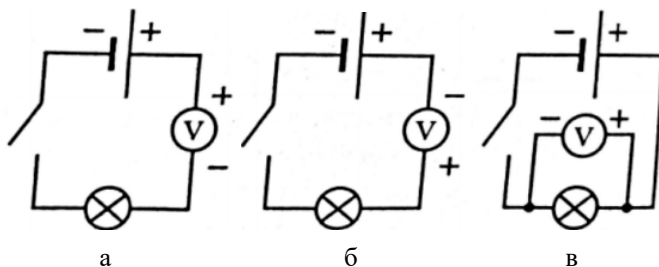
При решении задач по соединениям проводников важно научить учащихся разбираться в схемах электрических цепей и находить точки разветвления в случае параллельных соединений.

Условие задачи. В какой из приведенных схем амперметр/вольтметр включен правильно (рис. 2 и рис. 3)? Попросить вариант электрической цепи начертить в тетрадь.



а – амперметр подключен последовательно с соблюдением полярности (верно); б – амперметр подключен параллельно с лампочкой (неверно); в – амперметр подключен последовательно, не соблюдая полярность (неверно).

Рис. 2. Подключение амперметра к лампочке [2]



а – вольтметр подключен последовательно (неверно); б – вольтметр подключен снова последовательно, не соблюдая полярность (неверно); в – вольтметр подключен параллельно и верно соединены клеммы с источником тока.

Рис. 3. Подключение вольтметра к лампочке [2]

К возможностям интерактивной доски относится делать записи различных цветов, в том числе поверх изображения, не теряя визуального контакта. С помощью пера можно указать направление тока, нарисовать правильное подключение прибора.

Помимо этого, учащиеся должны составлять эквивалентные схемы, то есть схемы, на которых яснее видны соединения проводников. Для этого надо проследить как протекает электрический ток на всех участках цепи от одного зажима до другого и вычерчивать схему в более простом виде.

Условие задачи. Найдите общее сопротивление в цепи (рис. 4).

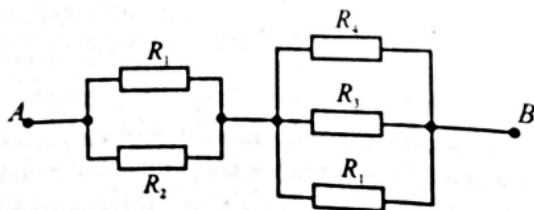


Рис. 4. Цепь, состоящая из последовательного и параллельного подключения резисторов

Выполняя данное задание, учащиеся могут воспользоваться одним из инструментов интерактивной доски - изменение размеров объектов с помощью жеста масштабирования. Следует обратить внимание также и на перенос формул или изображений в другое место. Обосновывается идея в том, что решение задачи полностью будет перед глазами, поэтому педагог может ещё раз обсудить последовательность действий и подчеркнуть маркером главное.

Также нами были предложены задания, которые можно выполнять в программе smartnotebook10_7. В данной программе есть функция интерактивной доски SMART Board, которая может являться помощником для каждого педагога как для проведения обычных уроков, так и для дистанционных занятий. Функции, представленные в SMART board помогают сделать урок более наглядным и насыщенным по содержанию.

Первое задание, представленное в данной программе, на соответствие (рис. 5).

Здесь учащиеся, используя функцию маркер, могут соотнести картинки электрических приборов и их обозначения в электрической цепи. Плюсом данной функции является то, что если один обучающийся неверно соединил объекты на экране, то другой обучающийся, применив маркер другого цвета, может исправить ошибки.

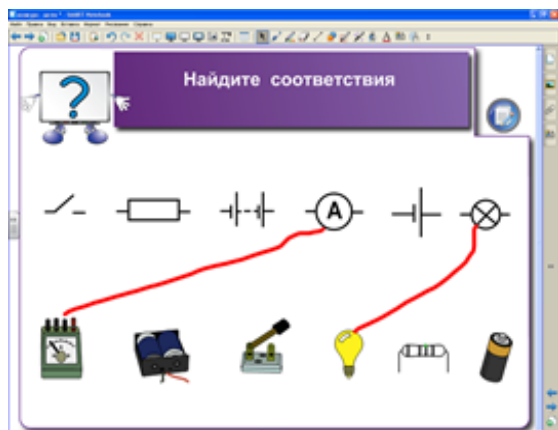


Рис. 5. Обозначение элементов электрической цепи

Заключение

Таким образом, с помощью инструментов интерактивной доски процесс решения задач становится наглядным и динамичным. Представленные задания помогут учителям физики к продуктивному применению интерактивной доски в обучение решению задач, поскольку инициирует процесс познавательной деятельности.

Список литературы

1. Смирнов, А. В. Электронное обучение физике (исторические и терминологические аспекты) : монография / А. В. Смирнов, С. А. Смирнов. – Москва : МПГУ, 2014. – 108 с.
2. Монастырский, Л. М. Физика. ОГЭ-2024. Тематический тренинг : учебно-методическое пособие / Л. М. Монастырский – Ростов : Легион, 2023. – 384с.
3. Каменецкий, С. Е. Методика решения задач по физике в средней школе : учебно-методическое пособие / С. Е. Каменецкий, В. П. Орехов – Москва: Просвещение, 1987. – 336 с.

Структурно-функциональная модель цифровой трансформации процесса обучения

О. В. Иванова, email: oviva75@mail.ru

Финансовый университет при Правительстве РФ

Аннотация. На основе двух основных компонентов, образующих корпоративную информационную систему: корпоративная информационная среда (КИС) и совокупность IT-инструментария построена структурно-функциональная модель цифровой трансформации процесса обучения. Описаны все составляющие звенья модели, приведены примеры.

Ключевые слова: цифровая трансформация, MOODLE, теория вероятностей, структурно-функциональная модель, MS Excel, корпоративная информационная среда, IT-инструментарий, обучение.

Введение

В рамках разработанной стратегии цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования, по указу Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [1] многие университеты страны приняли существенные меры в этом направлении: цифровизация управления кадровым потенциалом [2]; цифровизация процесса управления качеством промежуточной аттестации обучающихся [3]; внедрение цифровых образовательных ресурсов и сервисов в процесс обучения в университетах [4]; обновление содержания образования, методов и организационных форм учебной работы, оценивание достигнутых результатов в цифровой среде [5].

Цифровая трансформация процесса обучения конкретной дисциплине заключается в изменении ее преподавания с целью обеспечения интеграции информационных технологий, реальных практических задач из области профессиональной деятельности будущих выпускников с основами соответствующей преподаваемой дисциплины, в визуализации учебной информации [6].

Поделемся в данной статье опытом цифровизации обучения элементам теории вероятностей бакалавров второго года обучения на экономическом факультете. В результате проведенного анализа, опыта преподавания элементов теории вероятностей нами была построена структурно-функциональная модель цифровой трансформации процесса

обучения элементам теории вероятностей, успешно апробирована с сентября 2023 по декабрь 2023 год.

1. Описание структурно-функциональной модели

Для наглядного представления состава и структуры моделируемого процесса обучения элементам теории вероятностей в цифровой среде мы воспользовались графическим методом. Построенная модель ингерентна: согласована с уже существующей цифровой средой ВУЗа и сама среда может приспосабливаться к модели (появление новых методик корпоративной среды и IT-инструментария приводит к повышению эффективности процесса обучения); проста: обозрима, доступна, понятна, отражены только самые часто используемые составляющие; адекватна: достаточно полна для отражения цифровой трансформации процесса обучения [7]. В структурно-функциональной модели цифровой трансформации процесса обучения нами выделены два основных компонента, образующие корпоративную информационную систему: корпоративная информационная среда (КИС) и совокупность IT-инструментария (рис. 1). В самой модели специально не выделялась конкретная дисциплина, чтобы не усложнять модель, а также для возможности ее использования при обучении разным дисциплинам. КИС на модели под первым номером, представлена только четырьмя разделами: образовательный кампус, реестр учебно-методических комплексов (УМК), журнал посещаемости и выставления баллов, e-mail для уведомлений, хотя в КИС университета входят и много других разделов. Благодаря различному инструментарию информационных технологий: компьютерный класс для семинарских занятий, мультимедийная аудитория для лекционных занятий, виртуальная обучающая среда (в нашем случае – MOODLE), компьютерные программы и открытые среды (на занятиях мы решали задачи средствами MS Excel, открытой среды R), мобильные технологии (использовали только на лекционных занятиях), облачные технологии для загрузки видео решения задач (так как на образовательном кампусе ограничение на загрузку файлов до 10Мбайт) раздела корпоративной почты (в модели мы отразили корпоративную почту как e-mail для уведомлений в КИС) происходит цифровая трансформация процесса обучения.

Опишем взаимосвязь основных пунктов 1-3 построенной модели. В реестр УМК выкладывается рабочая программа дисциплины (РПД) с отражением всего используемого IT-инструментария, необходимого для обучения, выкладываются записанные преподавателем видео лекции, ссылки на которые он делает в своем индивидуальном курсе дисциплины образовательного кампуса.

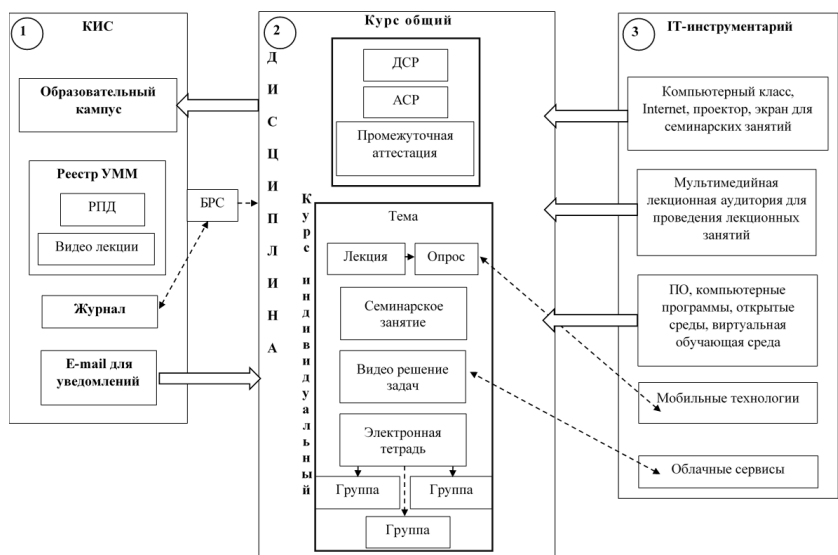


Рис. 1. Структурно-функциональная модель цифровой трансформации процесса обучения

В свой курс преподаватель выкладывает подробно описанную балльно-рейтинговую систему (БРС) на основании РПД. На основании составленной БРС баллы студентов отражаются в журнале за работу на лекционных и семинарских занятиях, а также за выполненные домашние задания (ДСР). В образовательном кампусе университета созданы два курса по одной дисциплине средствами MOODLE: общий (для студентов, обучающихся на всех факультетах) и индивидуальный (создает один преподаватель для обучения своих групп). В общем курсе три основных раздела:

Домашние самостоятельные работы (ДСР) – представлено огромное количество сгенерированных задач на закрепление каждой изученной темы дисциплины. За выполненные задания студенты автоматически получают баллы, наибольший полученный балл заносится в журнал. ДСР студенты могут выполнять неограниченное число раз.

Аудиторные самостоятельные работы (АСР) – представлено также огромное количество сгенерированных задач для проверки полученных знаний, умений и навыков по каждой теме. АСР проводятся на семинарском занятии, для этого уделяется от 10 до 30 минут в

зависимости от поставленной задачи. АСР проходят только один раз, также получают баллы.

Промежуточная аттестация – представлено также огромное количество сгенерированных задач для аттестации пройденного за семестр длительностью 90 минут.

Все тщательные разработанные коллективом преподавателей тесты в MOODLE (АСР, ДСР, промежуточная аттестация) можно назвать одним из решений для предотвращения плагиата и списывания студентами путем генерации задач, рандомизации вопросов, перетасовки ответов [7].

Заметим, что баллы за выполненные домашние работы в журнал идут автоматически, достаточно проверки системой, а баллы за АСР и тест по промежуточной аттестации идут в журнал уточненные: проверка системой и преподавателем [5]. Преподаватель проверяет оформленное решение в прикрепленном файле MS Excel и по соответствующим критериям выставляет баллы.

Индивидуальный курс создается одним преподавателем для обучения своих групп, по каждой теме выкладывается:

Презентация лекционного занятия. Загружается файл, отображается файл внутри страницы, то есть внедряется.

Ссылка на видео лекцию. Добавляется гиперссылка на видео лекцию из реестра УММ.

Презентация семинарского занятия. Загружается файл с презентацией алгоритмов решения задач темы семинара, а также перечень задач для решения на семинаре.

Ссылка на видео разбор задач. Добавляется гиперссылка на видео разбор задач из облака корпоративной почты. Данными видео разборами часто пользуются студенты, которые пропустили семинарские занятия из-за болезни.

Учебный элемент «Задание» с ограничением доступа по группе. Добавляется данный элемент с целью отправки студентами своих электронных контентов в виде электронных тетрадей в MS Excel, созданных на семинарских занятиях. Студенты на семинарских занятиях занимаются только за компьютерами и не пишут в тетрадях. Если нужны записи, то выполняют их средствами рукописного ввода в MS Excel.

2. Основные особенности обучения по структурно-функциональной модели

На темы по теории вероятностей отводится 15 занятий на аудиторные лекционные занятия и столько же на аудиторные семинарские занятия, но при этом студенты получают достаточно

объемную информацию, но перегруженную не теорией, а решениями реальных задач с конкретными примерами анализа реальных данных, подробными пояснениями и достаточной визуализацией. Цифровизация обучения элементам теории вероятностей отличается от традиционного обучения. Лекционные занятия проходят в лекционной аудитории с проектором и Internet с выходом на образовательный кампус. Предлагаются как классические определения и теоремы, так и задачи, основанные на реальных данных. По окончании лекции проводится опрос средствами мобильных технологий: на экране предлагаются три вопроса по изученной информации с QR-кодом на выход в образовательный кампус. Студенты получают 1 балл за все правильные ответы одного лекционного занятия, следуя БРС балл заносится в журнал. После проведения аудиторного лекционного занятия в индивидуальном курсе образовательного портала преподаватель выкладывает презентацию прочитанной лекции, а также ссылку на видео лекцию. Заметим, что к индивидуальному курсу образовательного портала прикреплены только студенты тех групп, которые в учебной нагрузке у преподавателя. На лекционных занятиях кроме компьютерного представления информации и компьютерных расчетов, студентам предлагается учебная информация в виде крупно-модульной опоры, например виде таблицы как на рис. 2 (представлен скриншот лекционного занятия индивидуального курса преподавателя), заметим, что на экране информация, представленная в виде схем и таблиц, воспринимается лучше.

Семинарские занятия по обучению элементам теории вероятностей проходят в компьютерном кабинете с проектором и экраном. Решение задачи преподавателем студенты видят на большом экране, при этом решают каждый за своим компьютером. Некоторые объяснения записываются в видеоформат и прикрепляются в индивидуальный курс преподавателя. Так как у всех темп разный, всегда отображается новая для студентов формула, введенная преподавателем, через функцию Ф.ТЕКСТ. Некоторые формулы и теоремы не рассматриваются в нашем курсе на семинарских занятиях, но на лекционных занятиях всегда поясняются. Например, не рассматривается локальная теорема Муавра-Лапласа, так как на практике вычисление в Microsoft Excel вероятностей появления конкретного числа успехов в последовательности испытаний Бернулли с помощью функции БИНОМ.РАСП дает точные результаты и при малом, и при большом числе наблюдений $n < 2147483646$, и надобность в приближенном вычислении таких вероятностей отсутствует [8].

Лекция "Специальные распределения ДСВ"

Специальные распределения дискретных случайных величин			
Биноминальное распределение	Геометрическое распределение	Распределение Пуассона	Гипергеометрическое распределение
p – вероятность успеха, q – вероятность неуспеха в одном испытании n – число всех испытаний, k – число успешных испытаний		L – объем всей совокупности K – число успехов в совокупности l – объем выборки k – число успехов в выборке	
$X = 0, 1, 2, \dots, k, \dots, n$ $P(X = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$	$X = 1, 2, \dots$ $P(X = k) = p q^{k-1}$	$X = 0, 1, 2, \dots$ $(n \rightarrow \infty, \lambda p \rightarrow 0) \Rightarrow$ $P(X = k) = \frac{(np)^k e^{-np}}{k!}$	$X = 0, 1, 2, \dots, \min\{K, l\}$ $P(X = k) = \frac{C_K^k C_{L-K}^{l-k}}{C_L^l}$
Функция в MS Excel для вычисления $P(X = k)$			
=БИНОМ.РАСП($k; n; p; 0$)	=ОТБРИНОМ.РАСП($k - 1; 1; p; 0$)	=ПУАССОН.РАСП($k; np; 0$)	=ГИПЕРГЕОМ.РАСП($k; l; K; L; 0$)
Функция в MS Excel для вычисления $P(X \leq k)$			
=БИНОМ.РАСП($k; n; p; 1$)	=ОТБРИНОМ.РАСП($k - 1; 1; p; 1$)	=ПУАССОН.РАСП($k; np; 1$)	=ГИПЕРГЕОМ.РАСП($k; l; K; L; 1$)
Функция в MS Excel для вычисления $P(k_1 \leq X \leq k_2) = P(X \leq k_2) - P(X < k_1)$			
=БИНОМ.РАСП($k_2; n; p; 1$) - БИНОМ.РАСП($k_1 - 1; n; p; 1$)	=ОТБРИНОМ.РАСП($k_2 - 1; n; p; 1$) - ОТБРИНОМ.РАСП($k_1 - 2; n; p; 1$)	=ПУАССОН.РАСП($k_2; np; 1$) - ПУАССОН.РАСП($k_1 - 1; np; 1$)	=ГИПЕРГЕОМ.РАСП($k_2; n; p; 1$) - ГИПЕРГЕОМ.РАСП($k_1 - 1; n; p; 1$)
Числовые характеристики случайной величины X			
$M(X) = n \cdot p$ $D(X) = n \cdot p \cdot q$	$M(X) = \frac{1}{p}$ $D(X) = \frac{q}{p^2}$	$M(X) = D(X) = \lambda = np$	$M(X) = l \cdot \frac{K}{L}$ $D(X) = l \cdot \frac{K}{L} \left(1 - \frac{K}{L} \right) \left(\frac{1 - \frac{1}{L}}{1 - \frac{K}{L}} \right)$

Рис. 2. Специальные распределения дискретных случайных величин лекционного занятия, внедренный в индивидуальный курс преподавателя MOODLE

Заключение

Проведенное обучение элементам теории вероятностей, следуя структурно-функциональной модели, по проведенному опросу и результатам промежуточной аттестации позволяет сделать вывод о положительном влиянии на учебный процесс студентов очной формы обучения:

- студенты отмечают интересными и современными QR-опросы на лекциях, позволяющие получать не просто баллы к аттестации, но и заставляющие неосознанно внимательно слушать лекционный теоретический материал;
- видео разборы задач, видео лекции, представленные в индивидуальном курсе преподавателя, никого не оставили равнодушными к решению интересных задач по теме дисциплины;
- ведение электронных тетрадей все обучающиеся оценили современным направлением в обучении;
- совместные решения задач преподавателя со студентами на семинарских занятиях средствами демонстрации всех действий на экране никого не оставило равнодушными;
- много студентов в промежуточной аттестации получили высокие баллы, мало было неудовлетворительных ответов (при этом

исключена возможность списывания: интернет полностью был отключен, сотовые телефоны сданы, только работал образовательный кампус с отключенным индивидуальным курсом преподавателя);

– формирование у студентов уверенности при использовании цифровых технологий, их учебной самостоятельности, развитие у них навыков жизни в цифровой среде.

Список литературы

1. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки высшего образования [Электронный ресурс]. – Москва, 2021. – Режим доступа: [dv6edzmr0og5dm57dtm0wylr6uwtujw.pdf](#)

2. Курлов, А. В. Учет и анализ кадрового потенциала в отрасли «Образование» с применением программного продукта «1С:Реестр кадров» / А. В. Курлов, С. В. Виноградова // Информатика и образование. – 2021. – № 2. – С. 41-48. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-2-41-48.

3. Шевчук, Е. В. Цифровая трансформация процесса управления качеством промежуточной аттестации обучающихся / А. В. Шпак, Е. В. Шевчук // Информатика и образование. – 2023. – №38(3). – С. 64–77. DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-3-64-77

4. Чистобаева, Л. В. К вопросу об интеграции цифровых образовательных ресурсов и сервисов в процесс профессионально-ориентированной языковой подготовки в техническом вузе в условиях реализации смешанного формата обучения / Л. В. Чистобаева // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2021. № 1(13). – С. 87-93. DOI: 10.18384/2310-7219-2021-4-33-41

5. Корректирующий подход к оцениванию академических достижений студентов в LMS MOODLE / Л. П. Коннова [и др.] // Информатика и образование. – 2022. – № 37(6). – С. 75-85. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-6-75-85

6. Иванова, О. В. Визуальное повторение учебной информации в средней и высшей школе / О. В. Иванова // Информатика и образование. – 2019. – № 5(304). – С. 41-50. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-5-41-50

7. Sullivan, D. P. An integrated approach to preempt cheating on asynchronous, objective, online assessments in graduate business classes / D. P. Sullivan // Online Learning. – 2016. – № 20(3). – P. 195-209. DOI: 10.24059/olj.v20i3.650

8. Соловьев, В. И. Анализ данных в экономике. Теория вероятностей, прикладная статистика, обработка и визуализация данных в Microsoft Excel: учебник / В. И. Соловьев. – Москва: КНОРУС; 2019. – 497 с.

Использование сервиса Дневник.ру в образовании

А. М. Измайлова, email: izmajlova.2012@mail.ru

ФГБОУ Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассматриваются достоинства и недостатки сервиса Дневник.ру в образовательном процессе. Цель работы – создать новое видение на проблему онлайн-оценивания. В итоге дается краткий обзор о роли педагога наставника в онлайн-оценивании.*

***Ключевые слова:** онлайн-оценивание, Дневник.ру, спонтанная адаптация, электронный журнал.*

Введение

С 1 января 2014 года в обязательном порядке в школы страны были введены электронные журналы и электронные дневники, которые должны заменить обычные журналы и дневники [1]. На сегодняшний день имеется большое количество сервисов, предназначенных для школ. Но, возникает ряд вопросов, которые ставят в затруднительное положение многие школы страны. Какой сервис выбрать для своей школы? Какой сервис будет удобен для использования не только преподавателям, а также ученикам и родителям?

Использование «Дневника.ру» в образовании давно подтвердило свою эффективность в ряде областей нашей страны. Эта социальная сеть позволяет быстро сотрудничать с педагогами и активизирует работу по-новому, как с родителями, так и с детьми. Учитель в таком образовании не стоит на месте, а развивается в направлении интеграции своих знаний с ИКТ-технологиями. Быстро движется процесс дистанционного управления через Интернет систему, которая реализуется на базе «Дневника.ру».

Для начала определимся с тем, что же такое электронный журнал. Электронный журнал – это новейшая система учета успеваемости для школ. Прекрасный инструмент для администрации и учителей, который облегчает их ежедневную работу, а электронный дневник школьника – удобный помощник для родителей, чтобы контролировать успехи своего ребенка в учебе и быть на связи со школой [2]. В таком использовании электронный журнал стал незаменимым помощником в области информационных технологий, уже на протяжении десяти лет – этот сервис помогает считать успеваемость и работать с детьми с ограниченными способностями.

Достоинства и недостатки сервиса Дневник.ру в образовательном процессе

В итоге по результатам проверки выявлено, что «Дневник.ру» стал новой социальной сетью для получения знаний о школьниках, о их отметках и порядке их задолженностей. Учителю или классному руководителю не нужно собирать множество бумаг, достаточно вбить основную информацию в «Дневник.ру» один раз; чтобы потом ее использовать на протяжении многих лет. Это удобная интерактивная база, которая позволяет составлять отчеты и реализовать проверку не только уроков, но и тотальную работу по выявлению некачественных уроков. Многие противники данного направления считают [1], что тяжело проводить урок и смотреть в компьютер, поскольку учитель должен постоянно видеть глаза учителей, давать им стимул, чтобы они не успевали расслабляться, однако модель, о которой пойдет речь далее, подразумевает под собой следующие требования:

- создание условий для отстаивания позиции личности ребенка;
- выявление мотивационной работы со стороны педагога;
- выбора самореализации своего «Я» для обучающегося.

Такова позиционно-дидактическая модель в образовании, она позволяет определить сколько нужно провести работы учителю, чтобы заставить ребенка почувствовать его личностью, как говорит С. Л. Рубинштейн [3].

Эту сложную модель можно воплотить в качественной работе «Дневника.ру», в котором составляется рейтинг учащихся по оценкам и качеству знаний, а также их присутствию на уроках. Педагог на классном часе может открыть «Дневник.ру» и вытащить любую информацию по каждому обучающемуся. Конечно, данный процесс всей модели реализовать невозможно, но он поможет выявить лидеров, которые есть в классе или группе. Дать шанс побороться за первые места, создать здоровую конкуренцию в классе или взаимоподдержку по наставничеству в группе.

Однако, проблема в такой интеграции следующая, учитель должен на протяжении всего времени заниматься работой в электронном дневнике; у него не остается времени для творчества. Исследователи [2] нашли решение данной проблемы и в электронном пространстве появилась возможность создавать свои страницы и использовать сервисы, которые будут помогать ученикам проявлять свое «Я» в полном объеме. В чем большой плюс данной функции, что учителя и родители смогут контролировать переписки с друзьями своих учеников; что иногда позволяет предотвратить самые тяжелые последствия.

Но сторона медали может быть разной, приходя домой учитель превращается в онлайн-помощника, который до глубокой ночи отвечает родителям на письма по поводу домашнего задания и должен отчитываться о своих «неуспевающих» коллегах, которые не успели выложить задание, по той или иной причине. Также некоторые родители не воспринимают учителя, что это тоже человек, у которого есть своя жизнь, они видят в нем только поставщика образовательных услуг, который должен по итогу урока выложить домашнее задание и выставить оценку его ребенку.

Большой проблемой остается и то, что администратор «Дневника.ру», должен быть полностью привязан к информационному пространству. Он должен контролировать и отслеживать данные проблемы; но так как администратор – это не робот, а человек, то у него может фактически не хватать времени на реализацию этого. Отсюда можно вывести следующее замечание, что администратор должен быть не один, а как требуют разработчики «Дневник.ру» – от двух до трех человек; которые будут выполнять функции проверки системы.

Как известно многие подростки в своем образовании придерживаются определенных групп по интересам общения, а в начальной школе – ребенок старается общаться со всем классом и при этом нет такой разобщенности в интересах, как это прослеживается в классах с седьмого по девятый. Это обусловлено тем, что в подростковом возрасте, классный руководитель меньше времени уделяет классу, все меньше становится классных часов, а также у каждого преподавателя, который ведет уроки, могут быть свои лидеры, свои аутсайдеры по его предмете. Так изменяется отношение к каждому предмету и вырастают пристрастия к своему «любимому» или «нелюбимому» предмету. Этот процесс мы назвали – «спонтанная адаптация», обозначающий быструю адаптацию по интересам для школьников из разных уровней социального статуса. Важным фактором здесь может служить процесс выбора групп по интересам, а также предметов соответствующим этим интересам. Роль онлайн-оценивания педагогом может смещаться, ученик может как любить предмет, так и со временем стать к нему безразличен. Это своеобразная подготовка и отслеживание того предмета или той профессии, в которой ученик в дальнейшем состоится, уже независимо от школы.

Данный вид проблемы становится характерным в старших классах, когда родители и сам ученик не способны выбрать какой предмет лучше дается ребенку, а следовательно, прибегают к системе оценивания, по математике у ребенка стабильное – «хорошо» так родители решают отдать ребенка в математическую гимназию, чтобы поступать на

прикладную математику. Однако, следует предостеречь родителей от такого не верного выбора в профессии своего ребенка. Ученик может иметь тягу к точным наукам, но совсем не понимать, что математика сложнее, а оценивание ее легче, чем, к примеру физики или информатики. В данных примерах следует воспользоваться более глубоким анализом оценивания, который «Дневник.ру» формирует на протяжении всего обучения школьника.

Заключение

«Дневник.ру» считается довольно перспективной социальной сетью, однако слишком активное использование таких информационных баз предполагает «добровольное» участие в ней ее участников. От постоянной слежки или тотального контроля со стороны администрации и учителей могут развиваться неуверенность и процесс фрустрации у обучающихся [4]. Никто не гарантирует нам, что родители адекватно будут воспринимать информацию, которую смогут просматривать все пользователи, у некоторых это будет вызывать вопросы.

В рейтинги базы «Дневника.ру» каждый раз входит какое-то количество школ, на работе педагог сталкивается с активностью своего класса, родители видят оценки своего ребенка сидя дома, ученики выполняют задания из дневника и присылают его на проверку учителю. Дневник вошел плотно в нашу жизнь и как помощник в образовании и как «организатор образования», если мы им правильно и с толком будем пользоваться, то нам откроется множество возможностей в нем.

В итоге наших исследований получили то, что модель современного образования и система «Дневник.ру» достаточно плотно взаимодействуют друг с другом, но без проблем нет и их решения. Следовательно, необходимо правильно реализовывать программу инноваций и без принуждения внедрять в процесс системы образования.

Список литературы

1. Верин-Галицкий, Д. В. «Дневник.Ру» – инновация с обратным педагогическим эффектом?! / Д. В. Верин-Галицкий // Народное образование. – 2014. – № 8. – С. 82-89.
2. Вифлеемский, А. Б. «Дневник.Ру»: мифы и реальность / А. Б. Вифлеемский // Народное образование. – 2022. – № 7. – С. 112-117.
3. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии [Текст] / С. Л. Рубинштейн. – Москва [и др.] : Питер, 2013. – 705 с.
4. Куринин, И. Н. Электронный журнал учета учебных достижений студента / И. Н. Куринин, В. И. Нардюжев, И. В. Нардюжев // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. – 2013. – №4. – С. 79-89.

О мобильных приложениях для самостоятельного изучения программирования школьниками

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su ^{1,2}

К. А. Кламбоцкий, email: konstantin.klambotsky@gmail.com ¹

¹ Институт систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН

² Новосибирский государственный университет

***Аннотация.** В данном докладе выделяются три категории существующих мобильных приложений, поддерживающих самостоятельное начальное изучение программирования школьниками. При описании каждой категории приводится несколько примеров приложений, ориентированных на разные целевые аудитории, с оценкой их эффективности для изучения программирования.*

***Ключевые слова:** изучение программирования, курсы, мобильные приложения, песочницы, развивающие игры на развитие алгоритмов.*

Введение

Начать изучать программирование в наши дни можно многими способами. У кого-то нет выбора, и знания он получает из школьной или институтской программы. Другие могут посещать дополнительные занятия или специальные курсы с преподавателем, который понятно объяснит тему и поможет с трудностями при решении задач. Книги являются неплохим инструментом для изучения новых языков и подходов, но рекомендуются пользователям, уже обладающих некоторым опытом программирования.

Технологии развиваются, появляются всё более высокоуровневые языки программирования, позволяющие детям уже с 6 лет собирать программу как конструктор, но для этого требуется специальный педагог. Чем старше становится ребёнок, тем больше ему доступно инструментов. Но самостоятельно ему изучать программирование будет довольно сложно без умения читать. Поэтому в данном докладе мы будем рассматривать инструменты для школьников с 10 лет, когда уже для большинства из них чтение не вызывает серьёзных проблем.

Программирование на компьютере – это замечательно и правильно, именно так делают большинство профессиональных программистов. Однако для этого как минимум надо уметь печатать на клавиатуре, а лучше уметь печатать сразу на английском языке. Ребёнку в возрасте 10 лет использовать эти навыки осознанно довольно сложно,

возможно получится повторять за учителем. У значительного числа детей в этом возрасте нет личного компьютера, поскольку за ним работает его родитель. Но зато почти у всех детей сейчас есть мобильный телефон, и как это ни удивительно, но на нём дети умеют печатать, причем даже лучше, чем на клавиатуре компьютера!

В данном докладе выделяются три категории мобильных приложений, подходящие для того, чтобы на них школьники могли начать самостоятельно изучать программирование. При описании каждой категории приводится несколько примеров приложений, ориентированных на разные целевые аудитории, с оценкой их эффективности для изучения программирования. Развивающие игры на развитие алгоритмов пришли на мобильную платформу с персональных компьютеров, так что в хронологическом порядке можно считать их первым шагом к популяризации программирования для младших школьников. Затем на компьютерах появились песочницы по типу Scratch с визуальным программированием, которые также впоследствии были перенесены на мобильную платформу. Курсы с тестами, редактором кода, задачами и поддержкой социальной онлайн-экосистемы – это новый активно развиваемый подход в образовании, который мы также будем рассматривать.

1. Развивающие игры на построение алгоритмов

Начнём с категории, которая предлагает начать изучать программирование без написания кода, в большинстве случаев вам будет дан робот, которому необходимо добраться из пункта А в пункт Б. Ваша задача составить алгоритм из сильно ограниченного набора блоков таким образом чтобы робот благополучно добрался до своего пункта назначения, не врезаясь в опасные препятствия, которые могут вывести его из строя. Первые уровни состоят из блоков «иди вперёд», «повернись направо», «повернись налево», затем начинают появляться дополнительные блоки и условия.

Например, нужно в определенный момент по пути зажечь лампочку, дав команду роботу, или несколько лампочек. Появляются новые управляющие блоки: условия и циклы. В некоторых вариация встречаются подпрограммы (возможность блоком вызвать подпрограмму, состоящую из нескольких других блоков).

Примером такого робота является Пиктомир [1], который был разработан в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН по заказу Российской Академии Наук. Его можно рекомендовать самой младшей аудитории 6-12 лет. Из плюсов можно выделить то, что он доступен полностью на русском языке, что позволяет детям, которые немного умеют читать, уже пользоваться приложением. Людям старше 12 также может понравиться

приложение, так как оно содержит большое количество уровней и является довольно красочной игрой. В остальном – это типичный представитель данного вида приложений, но с поддержкой русского языка в отличие от многочисленных его аналогов. На рис. 1 изображён первый уровень, на котором необходимо раскрасить все ячейки синим цветом. Рис. 2 показывает результат его прохождения.



Рис. 1. Первая программа в Пиктомире

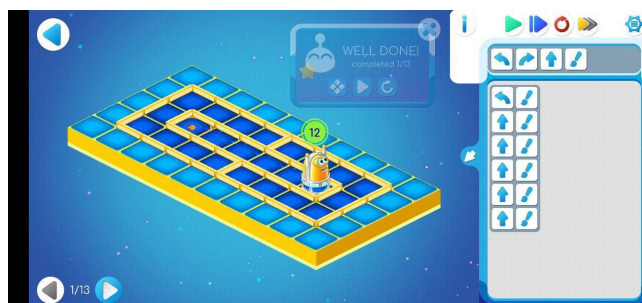
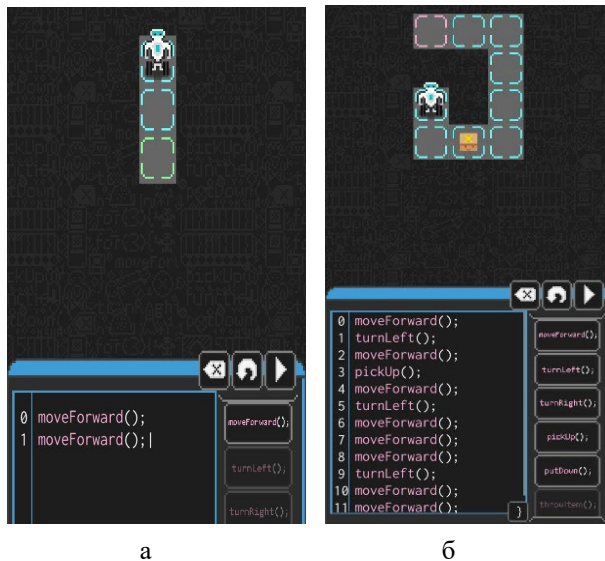


Рис. 2. Выполненная программа в Пиктомире

Другой пример – это Automation [2]. В этом приложении все команды роботу даются в виде текста (к сожалению, не на русском языке), а не в виде блоков, и это большой плюс, так как они приучают человека читать код. При этом писать код вас никто не заставляет, так как все команды расположены в виде кнопок, которые добавляют новую строку кода за вас (неплохое начало для людей, которые уже могут различать английские буквы или даже немного читать по-английски). В игре немного уровней, которые включают 4 базовых, 4 на работу циклов, 4 на работу функций, и 4 на работу условий if. Данное приложение можно порекомендовать людям с 12 лет и старше. На рис. 3

приведён пример первого уровня, а на рис. 4 – пример второго уровня. Хорошо видно, что размер программ увеличивается довольно быстро.



а – первый уровень, б – второй уровень

Рис. 3. Automation

2. Песочницы

В отличие от развивающих игр на построение алгоритмов песочницы предоставляют больше возможностей для программирования, и в них нет понятия «уровень», который можно и нужно пройти. Песочницы поддерживают набор инструментов. Сначала они показывают, как с этими инструментами можно взаимодействовать, а затем предоставляют пользователю возможность делать с ними все, что он захочет. Как ребёнок, который играет с куклой (или с машинкой), так и начинающий программист в песочнице может экспериментировать с имеющимися инструментами произвольным образом, без каких-либо ограничений.

Если в развивающих играх с роботом пользователь думал «классно, теперь я знаю, что делает эта команда» и «ура, я выполнил задание», то в песочнице меняется взгляд на обучение, и здесь пользователь думает о том, «а что делает эта команда?» и «какую задачу я могу решить этой командой?». Такой подход отлично работает на компьютерах, о чем свидетельствует популярность визуальных языков программирования

семейства Scratch. На телефоне также существует несколько аналогов таких инструментов и разные их модификации. В них можно увидеть первые попытки поддержки соревновательных игр на основе навыков программирования.

Мобильное приложение ScratchJr [3] – это уменьшенная копия Scratch. Его функционал ограничен по сравнению с компьютерной версией, но всё же предоставляет пользователю знакомиться с азами программирования и даёт возможность делать мультики. ScratchJr содержит несколько примеров проектов, видео-инструкцию, которая позволяет понять основы работы блоков, выбор фонового изображения холста, добавление и редактирования персонажей. Каждый персонаж имеет свою программу, по которой персонаж может двигаться, поворачиваться, выполнять прыжки, менять костюмы, и произносить фразы. Приложение можно рекомендовать для детей 6-12 лет. На рис. 4 показан вид его интерфейса, на рис. 5 приведены примеры проектов.

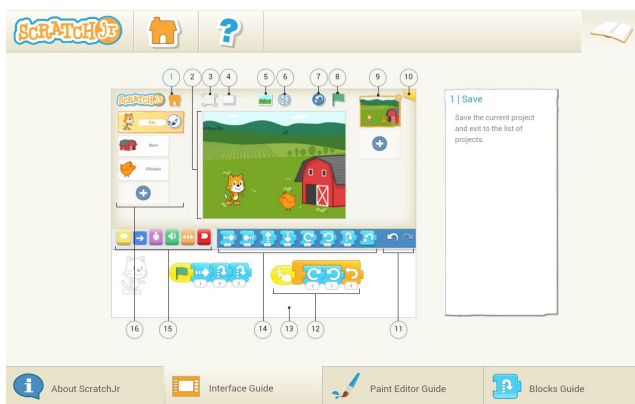


Рис. 4. Интерфейс ScratchJr

Довольно интересным представителем песочниц является футбольный симулятор Bit Football [4], который поддерживает целую команду роботов (игроков футбольной команды), каждого из которых можно запрограммировать с помощью специальных блоков. Блоки содержат базовые действия, которые могут выполнять футболисты на поле: вести мяч, передать мяч другому футболисту, совершить удар по воротам. Также существует несколько управляющих блоков: «могу ли я ударить по мячу?», «ближе ли всех я к мячу?». Таким образом, можно отдельно написать программы вратарю, защитникам и нападающим, а затем сразиться команда на команду с другими пользователями

приложения. Также есть возможность потренироваться на компьютерных противниках. Расстановка членов команды на поле также играет роль, что позволяет развивать стратегические навыки пользователя.

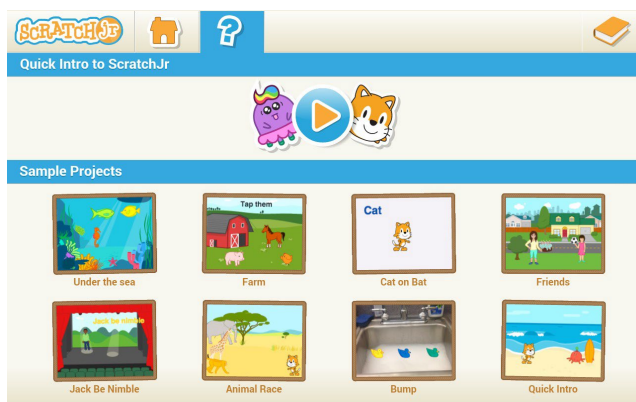


Рис. 5. Примеры проектов в Scratch Jr

Пространство для написания программ небольшое в виду ограниченного количества блоков для каждого робота, их всего 9. Но потенциал у приложения есть, и хотелось бы видеть больше продуктов подобного рода на рынке. Приложение даёт полную свободу действий и заставляет думать над написанием каждой программы, поскольку от этого зависит, победишь ты в следующей игре или нет.

Эту игру можно рекомендовать всем возрастам. Представляется возможным сравнить результаты пользователей разного возраста, например, в соревнованиях родителей и детей. На рис. 6 показаны примеры использования Bit Football.

Code Miner [5] – это пример уникального мобильного приложения, которое является не только песочницей, но одновременно и игрой, а также курсом, который поддерживает реальное обучение программированию. Пользователю даётся в управление машина с буром для исследования почвы и нахождения различных полезных ископаемых. Машину можно программировать, используя JavaScript. На телефоне располагается редактор кода, нет никаких блоков, а набирать код можно напрямую, печатая его с клавиатуры телефона.

Приложение на первых парах общается с пользователем в игровой форме и даёт подробные объяснения о самих командах и тому, что они делают. Однако уже после первых уровней пользователю должен сам

изучать документацию по буровой установке, что представляется весьма интересным решением. В приложении есть отдельное меню с документацией, в котором пользователю необходимо самому найти нужную команду для выполнения поставленной задачи, изучить принцип её работы и затем уже применить изученные знания.

Так как приложение не поддерживает русский язык, то можно рекомендовать его для людей от 14 лет.



а

б

а – написание программы, б – ход матча

Рис. 6. Bit Football

3. Курсы

Онлайн-курсы составляют значительный объем рынка онлайн-образования. В основном онлайн-занятия проводятся на компьютере, но что мешает перенести их опыт применения и на телефон? Конечно, вы можете просто читать материалы курса с экрана телефона или слушать курс в наушниках, когда вы находитесь в дороге, но есть и другие специализированные приложения и средства, которые предлагают более богатые виды такого мобильного взаимодействия.

В этих мобильных приложениях вы всё также читаете или слушаете материал в своём темпе без учителя, но при этом вам предлагают отвечать на тестовые вопросы, а также писать небольшого размера программный код прямо на телефоне. В начале обучения вам выдается определенное количество очков, которые вами тратятся как на разблокирование уроков, так и на компенсацию ваших ошибок в ответах на тестовые вопросы. Когда у вас заканчиваются очки, ваше обучение приостанавливается, и вам предлагается купить подписку или больше очков, и таким образом, происходит монетизация курса. Курсы ориентированы на аудиторию 12+ лет.

Первый пример курсов – это SoloLearn [6]. Среди его плюсов можно выделить поддержку русского языка, а также большой выбор языков программирования: Python, C++, Java, JavaScript, C#, PHP, Ruby. Вы проходите уроки, выполняя тесты, записывая код в специальном редакторе. Все инструменты под рукой, но для полного доступа ко всему нужна платная подписка. У каждого задания есть блок с комментариями от всех пользователей сервиса, тем самым можно попросить помощи или пообщаться на заданную тему, что представляется отличной особенностью приложения.

На этом преимущества не заканчиваются, если пользователю надоест изучать новые темы и выполнять тесты, у него есть другие варианты активностей. Тренажёр кода – это задачник с разным уровнем задач, которые можно решить в приложении. Есть также возможность вызвать на поединок другого пользователя приложения, который происходит следующим образом. Сначала вы выбираете язык программирования. Затем вам задаётся несколько вопросов с ограничением времени на ответы. После чего вызов видит другой пользователь, которому задаются те же вопросы. Это происходит асинхронно, так что нет необходимости выполнять задания одновременно. Как только противник увидит вызов и выполнит его, определится победитель, которому и начисляются набранные очки рейтинга.

Таблица рейтинга составляется из опыта, полученного при прохождении курсов и участия в других активностях приложения. Пользователь видит свой прогресс в этой таблице и таким образом получает обратную связь по своему прогрессу.

И последняя, но не менее важная особенность – каталог личных проектов. Вы можете создавать проекты и выкладывать их в общий доступ для других пользователей приложения. Таким образом, вы получаете оценку своих достижений не только от разработчиков курса, но и от реальных пользователей, которые могут ставить лайки и

комментировать ваш проект. Приложение можно рекомендовать детям от 12 лет, так как пользователю необходимо самому читать и разбираться в коде, а также регулярно его писать.

Другой пример – это JavaRush [7]. В отличие от SoloLearn здесь для изучения доступен только один язык (Java), но это приложение имеет другие свои преимущества.

Во-первых, при запуске оно предлагает выбрать ваш уровень знаний языка, который затем проверяется системой на предложенном небольшом тесте. Программа курса зависит от успешности ваших ответов, например, уже на первых уроках вам могут предложить изучать не понятие переменной, а сразу модификаторы доступа к ним или другие более сложные темы.

Кроме обширной теоретической базы приложение предоставляет базу из 1200+ задач разной сложности. Решать их можно прямо с телефона, и они автоматически проверяются.

Помимо курса в приложении есть форум с вопросами. В нём можно задать свой вопрос или помочь ответом другому человеку. Отдельно идёт блок со статьями и группами по интересам, образуя социальную экосистему внутри приложения. Хотя в SoloLearn и больше различных активностей и языков программирования чем в JavaRush, JavaRush имеет свои преимущества в виде быстрого старта для разработчиков с небольшим опытом, а также поддержки достаточных социальных функций и русского языка. Его можно рекомендовать начинающим пользователям с 12 лет, а также и продвинутым взрослым.

Еще один пример – это приложение Enki [8], которое позиционирует себя как серьёзный способ изучить программирование и которое имеет свои преимущества перед конкурентами, рассмотренными выше.

Обучение в нем проходит только на английском языке, но для целевой аудитории данного приложения это даже плюс. Как в предыдущих приложениях в нем есть уроки, тесты, возможность исполнять код в приложении, а также осуществлять выбор языка: Python, Javascript, Go, TypeScript, SQL, Java. Помимо курсов по языкам программирования в нём есть также курсы по работе с сервисами: Looker, Tableau, Excel и другими. Из других особенностей следует выделить поддержку социальных функций. Есть форум с секцией вопрос/ответ, а также возможность запросить помощь ментора в проведении код-ревью вашей задачи. Отдельная вкладка позволяет создать или присоединиться к команде программистов для выполнения совместных проектов.

Приложение позволяет продвинуться не только в навыках написания кода и программирования, но и в сторону анализа данных и понимания других инструментов, востребованных сейчас для работы в крупных IT компаниях. Данное приложение рассчитано преимущественно на взрослую аудиторию, но его можно пробовать использовать людям с 14 лет.

Заключение

Несмотря на то, что над созданием онлайн-курсов трудится огромное количество опытных людей, не все целевые аудитории получили продукты из своих категорий.

Развивающие игры на построение алгоритмов могут увлечь начинающих разработчиков. Однако опытным людям это будет сделать слишком легко, и поэтому возможно стоит задуматься над разработкой такого прототипа, который бы давал возможность людям с большим опытом разработки алгоритмов проходить уровни с интересом. Такие платформы встречаются на персональном компьютере, однако в них используется написание кода.

Песочница на телефоне сильно ограничена функционалом, делать свои проекты на телефоне действительно сложно, а те примеры, которые позволяют это делать, минимизируют написание кода пользователем.

Курсы по большей части нацелены на взрослую аудиторию, так как требуют усидчивости, умения читать и понимать большой объём информации самостоятельно. Популярных приложений-курсов для детей 10-12 лет нет на рынке, либо они занимают малый процент.

Список литературы

1. Пиктомир [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://piktomir.ru/>
2. Automaton [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.JeremyFriesen.AutomationInc>
3. ScratchJr [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.scratchjr.org/>
4. Bit Football [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kayac.jarvis>
5. Code Mining [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.codinggame.mining>
6. SoloLearn [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sololearn>
7. JavaRush [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://javarush.com>
8. Enki [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.enki.insights>

Верифицированный цифровой контент в предметном обучении

Л. Н. Копалиани, email: ramaz-kopaliani@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 98 г. Воронежа

***Аннотация.** Хорошим инструментом для реализации ФГОС при планировании уроков является ФГИС «Моя школа». Сервис внедряется в образовательные программы в качестве вспомогательного инструмента традиционной системы обучения и призван снизить нагрузку на педагогов, проводить виртуальные опыты, эксперименты, исследования.*

***Ключевые слова:** подсистема ФГИС «Моя школа», виртуальная лабораторная/практическая работа, поставщики цифрового образовательного контента.*

Введение

Время диктует новые требования к уровню и содержанию образования выпускников школ. Проявляются совершенно новые тенденции, технологии, о которых ранее даже не упоминали. От понимания этой ситуации обществом в целом и, особенно, специалистами, работающими в сфере образования, зависит успех продвижения нашей страны к развитию и процветанию.

В настоящее время перед образованием стоят сложные задачи – формирование профессионально-компетентного, конкурентоспособного выпускника, который готов к профессиональной мобильности в условиях информатизации общества.

Условием эффективности современного процесса образования является развитие активности обучающихся и её поддержание в течение всего занятия. Это далеко непростая задача, решение которой возможно найти в области выбора эффективных современных технологий обучения.

В ФГОС обозначено применение электронных образовательных ресурсов. На необходимость использования ИКТ в процессе обучения как средство повышения эффективности образовательного процесса указывают и федеральные программы по учебным предметам.

Использование возможностей ФГИС «Моя школа» для реализации ФГОС при планировании уроков

Электронно-образовательные ресурсы, как часть информационно-коммуникативной технологии, занимают важное место в процессе современного обучения, поэтому в 2022 году заработал доступ к образовательным сервисам и цифровым учебным материалам ФГИС «Моя школа». Сервис внедряется в образовательные программы в качестве вспомогательного инструмента традиционной системы обучения и призван снизить нагрузку на педагогов.

В распоряжении учителя все инструменты для планирования уроков: верифицированный учебный материал, можно создавать в системе свои папки и наполнять их документами, создавать персональные и групповые каналы связи пользователей, в том числе в режиме чатов и видеоконференцсвязи (на базе «Сферум»).

На данный момент доступны следующие подсистемы ФГИС: «Базовая платформа», «Мои файлы», «Библиотека», «Тестирующая подсистема», «Электронный журнал/дневник», «Смарт ТВ», «Сферум».

«Базовая подсистема» – это возможность просматривать новости, находить ответы на основные вопросы по работе ФГИС, воспользоваться ссылками на интернет-ресурсы, которые могут быть полезны в образовательной деятельности, а также проходить опросы. У пройденных опросов можно посмотреть результаты.

Подсистема «Мои файлы» предоставляет возможность создавать, хранить, редактировать и совместно работать в режиме онлайн в отечественном офисном программном обеспечении над документами популярных форматов (doc, xls, ppt). Здесь можно скачивать и делиться файлами с настройками доступа.

Подсистема «Библиотека» обеспечивает поиск, просмотр, добавление контента в портфель. Библиотека представлена различными поставщиками цифрового образовательного контента: Академия Минпросвещения России, РЭШ, Общество «Знание», ИСРА РАО, Минкультуры России и др.

«Тестирующая подсистема» позволяет составлять тесты и оценивать знания обучающихся. Задания делятся на две основные группы: вопросы с автоматической проверкой (выбор/ввод одного или нескольких ответов, выбор ответов из выпадающего списка, задание на перетаскивание, группировку объектов, таблица) и вопросы, требующие проверки экспертом (рисование, диктант, HTML задания, свободный ответ).

Одним из преимуществ использования ФГИС «Моя школа» является возможность работы на устройствах, поддерживающих

технологии «Смарт ТВ» (телевизоры, приставки, панели). Такие устройства позволяют демонстрировать контент различных форматов прямо в классе. Это могут быть текстовые материалы, изображения, презентации, аудио- и видеофайлы. «Смарт ТВ» позволяет работать и с интерактивными заданиями.

Подобная наглядность способствует лучшему усвоению материала учениками, повышает их мотивацию. Использование заранее подготовленного контента помогает сэкономить время на занятиях.

Платформа «Сферум» помогает регистрировать и вести страницы классов, приглашать учеников в классы; создавать чаты класса и управлять ими. Здесь также можно размещать необходимые учебные материалы; проводить уроки по видео-, аудиосвязи; запускать трансляции.

При проведении лабораторных/практических работ на уроках математики я использую материалы Библиотеки ФГИС «Моя школа», представленные ИСРА РАО, который по заданию Минпросвещения России создал по биологии, физике, химии, математике интерактивные виртуальные лабораторные и практические работы.

Виртуальная лабораторная/практическая работа позволяет наглядно демонстрировать сложные научные явления и закономерности путём интерактивной визуализации, проводить виртуальные опыты, эксперименты, исследования.

Виртуальные лабораторные/практические работы – это эксперимент, основанный на технологиях мультимедиа, эмуляции, виртуализации и виртуальной реальности, способный полностью или частично заменить аналогичный традиционный натурный эксперимент.

Каждая такая работа сопровождается видео инструкцией для обучающихся по прохождению и выполнению, руководством по работе с виртуальным оборудованием, на первой вкладке представлено видео с интерактивным (проблемным) вопросом, за правильный ответ пользователь получает 10 баллов. На второй вкладке обучающиеся знакомятся с теоретическим материалом, третья вкладка – это цели работы.

Данные виртуальные работы содержат методические рекомендации для учителя – это четвертая вкладка, а начиная с пятой вкладки расположены опыты, которые необходимо выполнить, чтобы ответить на все вопросы контрольного блока. Последняя вкладка – это список литературы.

Каждая лабораторная работа содержит инструкцию, которая будет автоматически заполняться, если обучающиеся выполнять правильно все шаги работы. Данную инструкцию можно вызывать в любой момент.

При выполнении работы можно фотографировать свои действия, записывать формулы, скачивать выполненную работу в формате .pdf на свой компьютер.

Каждый опыт оценивается в 15 баллов, за выполнение контрольного задания начисляется 30 баллов. Баллы суммируются на счетчике справа на экране, всего за работу можно получить максимум 100 баллов.

Заключение

Для меня одним из средств повышения эффективности урока математики являются лабораторные работы – работы, предполагающие выполнение определенных практических заданий, которые помогают воспринимать и осмысливать новый учебный материал или закрепить полученные ранее знания.

Несомненно, плюсом является и то, что применение ЭОР позволяет заменить дорогостоящее и громоздкое оборудование, используемое в учебном процессе, а также отсутствие соответствующих условий, материалов.

Если педагог стремится повысить активность и самостоятельность обучающихся, получить высокое качество знаний по предмету, научить обучающихся понимать абстрактные теоретические положения, то ФГИС «Моя школа» для него станет одним из часто используемых инструментов.

Список литературы

1. Дорофеева, Л. Г. Проведение лабораторных и практических работ на уроках математики / Л. Г. Дорофеева // Материалы конференции «Актуальные проблемы обучения математике, физике и информатике в школе и ВУЗе». – 2014. – С. 128-130.
2. Ермаков, Д. С. Персонализированная модель в «цифре» / Д. С. Ермаков, П. Н. Кириллов // Научно-публицистический журнал «Образовательная политика». – 2019. – № 3 (79). – С. 132-141.

Опыт использования системы прокторинга при проведении онлайн-учебных испытаний Воронежского государственного университета

С. П. Ряполов, e-mail: ryapolov_s@vsu.ru

А. П. Толстобров, email: tap@vsu.ru

И. В. Протасова, email: protasova@vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

***Аннотация.** Рассматривается опыт использования системы прокторинга в Воронежском государственном университете при проведении экзаменов в дистанционном онлайн-режиме, описываются возникавшие при этом проблемы и пути их решения.*

***Ключевые слова:** прокторинг, онлайн-экзамен, LMS Moodle.*

Введение

В Воронежском государственном университете с июня 2021 года с целью обеспечения легитимности процедуры проведения и результатов контрольных испытаний абитуриентов и студентов в дистанционном онлайн формате для контроля и фиксирования поведения испытуемых во время экзамена используется система прокторинга, разработанная компанией ProctorEdu [5].

Термин прокторинг произошёл от слова proctor. В британских университетах это было официальное лицо, которое следило за соблюдением студентами дисциплины во время учёбы и на территории кампуса. В настоящее время proctor – это специалист, наблюдающий за поведением студентов во время экзамена и принимающий решение о легитимности или не легитимности процедуры его проведения.

Программный комплекс системы прокторинга предназначен для обеспечения информационной поддержки проведения экзаменов в онлайн-режиме и для обеспечения более эффективной работы проктора. Это программное обеспечение позволяет наблюдать за ходом экзамена через веб-камеру компьютера, на котором студент или абитуриент выполняет экзаменационные задания. Для протоколирования всей процедуры выполнения экзаменационного задания испытуемым система осуществляется запись экрана компьютера студента и трансляции с его веб-камеры и микрофона. На основе анализа этих записей система прокторинга формирует отчёт, в котором фиксируются все нарушения процедуры экзамена, выявленные системой с использованием

встроенных в нее специальных алгоритмов, и, также, указывается автоматически рассчитываемый ею показатель степени доверия к результатам проведения испытания.

Достоинством система прокторинга ProctorEdu является то, что она подключаются к платформам тестирования, в частности к используемой в ВГУ системе электронного обучения на базе популярной LMS Moodle [4]. Это позволяет проводить контролируемые дистанционные экзамены как в ручном, с участием прокторов, так и в автоматическом режиме с использованием заданий в тестовой форме, создаваемых с помощью инструментов электронных курсов этой LMS.

Интеграция системы прокторинга с образовательным порталом «Электронный университет ВГУ» [3] осуществляется по стандарту IMS LTI с помощью специального плагина, встраиваемого в портал. Этот стандарт позволяет осуществлять бесшовную авторизацию пользователей образовательного портала с системой прокторинга и двухсторонний обмен данными между системами. Интеграция заключается в определённой настройке системы тестирования для работы с внешними инструментами, выполняемыми администратором портала.

1. Проблемы, выявленные при использовании системы прокторинга

В ВГУ система прокторинга в основном использовалась для контроля вступительных испытаний (86% прошедших сеансов) а также (14%) для контроля итоговых экзаменов ГИА, защит ВКР и текущих аттестаций.

За время использования системы прокторинга у примерно 3% испытуемых возникали проблемы при подключении к экзаменационному заданию и его выполнению.

Можно выделить следующие причины таких проблем.

Прежде всего, это несоответствие компьютерного оборудования и системного программного обеспечения испытуемых требованиям системы прокторинга. В частности, это имело место при использование устаревшей версии браузера, не поддерживаемой системой прокторинга, и не позволяющей корректно отображать элементы курса в LMS Moodle. К этой же группе причин относятся проблемы с доступом к различным элементам компьютера (камера/микрофон/экран). Это обычно происходило из-за того, что в ряде случаев требовалось предоставление дополнительных разрешений для доступа к данным элементам (довольно часто имело место при использовании испытуемыми браузера Safari). Иногда на компьютерах студентов были установлены дополнительные программы безопасности, которые блокировали

функции, необходимые для функционирования системы прокторинга (запись экрана, доступ к камере и микрофону). В частности, такое случалось, если испытуемый пытался подключиться к экзамену с прокторингом со служебного защищённого компьютера.

Другим комплексом причин являлись ошибки работников, ответственных за подготовку к экзамену, в настройках соответствующего элемента Тест электронного курса. Включение ими при настройке дополнительных элементов защиты теста в LMS Moodle, таких как Safe Exam Browser, полноэкранное всплывающее окно с защитой Java Script, приводило к ошибкам в работе системы прокторинга.

Ещё одной группой причин были ошибки работников, ответственных за настройку экзаменационного элемента курса, которые (ошибки) позволяли испытуемым получать доступ к контрольному тесту минуя систему прокторинга. Эта ошибка не препятствовала подключению испытуемых к экзаменационному заданию, но, в то же время, приводила к нарушению регламента экзаменационного испытания. Такая ситуация возникала в случаях, когда ограничение доступа к тесту по времени выставлялось в настройках самого теста в LMS Moodle. Это приводило к тому, что ссылка на тест появлялась в шкале времени в личном кабинете студента и по ней можно было перейти к тесту напрямую, минуя систему прокторинга.

Ещё одним примером подобных ошибок являлось изменение настроек доступности тестового элемента в LMS Moodle. Чтобы элемент курса не был виден студентам, но к нему можно было получить доступ через Внешний инструмент, необходимо выставить в его настройках режим «Доступно, но не показано на странице курса». Если работником, ответственным за проведение экзамена, вместо этого режима в настройках выставлялся режим «Отображать на странице курса», то в этом случае испытуемые видели сам тестовый элемент на странице курса и могли приступить к его выполнению без системы прокторинга.

Следующие проблемы связаны с деятельностью лиц, выполняющих роль прокторов. Именно в их обязанности входит наблюдение за ходом выполнения испытуемыми экзаменационных заданий. А также, что важно, на основе рассчитанного системой показателя степени доверия и своих личных наблюдений, включая, при необходимости просмотра записей протокола, вынесение проктором решения о признании/не признании результатов экзамена. При этом необходимо принимать во внимание на то, было ли невысокое значение показателя степени доверия к результату экзамена обусловлено

особенностью формулировки экзаменационных заданий или имели место действительные нарушения процедуры со стороны испытуемого. К большому сожалению, практика проведения такого рода экзаменов показала, что не все прокторы действительно наблюдали за ходом экзамена. В результате этого, в процессе проведения экзамена у испытуемых отсутствовала возможность непосредственного обращения к проктору при возникновении вопросов по процедуре экзамена. И, в то же время, и сами такие прокторы не могли оперативно реагировать как на возникающие проблемы студентов, так и на возможные нарушения процедуры экзамена с их стороны.

2. Возможные пути решения проблем

Для выявления возможных сложностей с подключением студентов к экзаменационному заданию с прокторингом, оптимальным способом представляется обязательное проведение тестового подключения. Для того, чтобы студент мог проверить соответствие своего оборудования требованиям системы прокторинга и познакомиться с процедурой самого экзамена.

Большую роль в организации тестового подключения играет работник, ответственный за проведение экзамена. Именно в его обязанности входит определение заранее даты тестового подключения, подготовка задания, которое по структуре должно быть аналогичным экзаменационному. Важным моментом является создание канала обратной связи, чтобы испытуемые, которые не смогли по тем или иным причинам подключиться к тестовому сеансу прокторинга, имели возможность сообщить о своих трудностях.

Важным моментом является подготовка лиц, ответственных за составление экзаменационных материалов. Прежде всего, они не должны допускать ошибок в настройках элемента курса Тест (выставление дополнительных элементов защиты, неправильная настройка отображения элемента на странице курса, неправильная настройка даты). Помимо этого, необходимо составлять задания таким образом, чтобы его выполнение не приводило к возникновению ситуаций, интерпретируемых системой как нарушение процедуры и к снижению степени доверия сеанса прокторинга. Нужно стараться исключать задания, требующие переключения испытуемым в ходе экзамена на сторонние приложения (для отправки ответа в виде файла, для просмотра задания и т. д.). Если этого сделать не представляется возможным, например, ответ содержит много рукописных формул и необходимо отправлять его скан- или фотокопию, то проктор должен учитывать данное обстоятельство в своём заключении о результатах экзамена.

В целом, на наш взгляд, для устранения изложенных выше причин возможных нарушений процедуры проведения экзамена, следует также совершенствовать нормативную базу проведения такого рода экзаменов с использованием прокторинга. Необходимо более чётко прописать в соответствующих документах круг обязанностей и сферу ответственности должностных лиц, вовлеченных в сферу проведения такого рода экзаменов, и детали самой процедуры проведения экзаменов в таком режиме.

Заключение

Таким образом, в течении 2021-2023 гг. в Воронежском государственном университете система прокторинга была включена штатным образом в учебный процесс. За это время были определены основные сложности и найдены пути их решения. Использование системы контроля поведения студентов на экзамене повышает качество оценки знаний при проведении испытаний в дистанционной форме, обеспечивая легитимность их результатов.

В то же время, следует обратить внимание на необходимость повышения уровня владения работниками факультетов этим инструментом. Одновременно требуется обеспечить совершенствование нормативных документов, которые регламентирует проведение экзаменационных испытаний с использованием системы прокторинга.

Список литературы

1. Исследовано в России [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. журн. / Моск. физ.-техн. ин-т. – Электрон. журн. – Режим доступа: <http://zhumal.mipt.rssi.ru>
2. Электронный каталог ГПНТБ России [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : <http://www.gpntb.ru/win/search/help/el-cat.html>
3. Электронный университет ВГУ [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://edu.vsu.ru>
4. LMS Moodle [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://moodle.org>
5. ProctorEdu [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://proctored.ru/>

Использование сервиса Яндекс Телемост в образовательном процессе

М. Е. Старикова, email: starik-marina@yandex.ru

МБОУ СОШ с УИОП № 8 г. Воронеж

***Аннотация.** В данной работе рассматривается бесплатный сервис Яндекс Телемост и возможность его использования в образовательном процессе для организации дистанционного обучения.*

***Ключевые слова:** дистанционное обучение, видеовстреча, видеоконференцсвязь.*

Введение

В рамках национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» система образования должна достичь «цифровой зрелости». Цифровая трансформация отечественной школы позволит решить ключевые задачи образования, даст возможность обеспечить каждому обучающемуся индивидуализацию образовательной траектории, методов (форм) и темпа освоения образовательного материала [1]. Посредством цифровых технологий возможно расширить образовательное пространство обучающихся до всего земного шара. Для сетевого взаимодействия необходимы цифровые инструменты: виртуальные доски, облачные приложения и сервисы с общим доступом для редактирования, пространства для проектной работы в сетевом формате, сессионные залы на платформе для видеоконференцсвязи.

Одним из бесплатных отечественных сервисов для организации видеоконференцсвязи является Яндекс Телемост.

Использование сервиса Яндекс Телемост в образовательном процессе

Яндекс Телемост позволяет организовать вебинары, видеовстречи, конференции, дистанционное обучение. По своему функционалу этот ресурс напоминает Zoom, но с более ограниченным инструментарием.

На видеовстрече одновременно возможно присутствие до 40 участников, по времени нет ограничения. Телемост доступен в Яндекс.Браузере, Google Chrome, Mozilla Firefox на ПК или на Android, а также в приложениях «Яндекс.Диск» и «Яндекс.Почта» для ПК. В мобильных браузерах видеовстречи пока недоступны. Для организатора

видеовстречи необходимым условием является наличие аккаунта Яндекс. Что не является обязательным условием для остальных участников, приглашенных по ссылке.

Для организации видеовстречи можно перейти по ссылке <https://telemost.yandex.ru> или зайти в свою почту и в верхней части экрана выбрать «Телемост» (рис. 1).

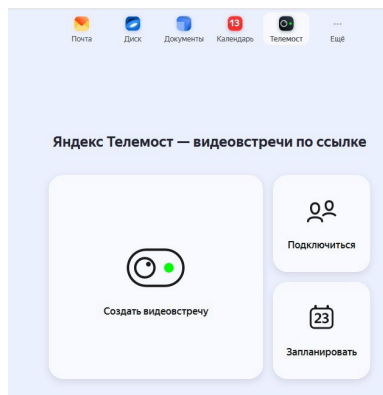


Рис. 1. Выбор сервиса Яндекс Телемост

Запланировать видеовстречу доступно в окне «Запланировать». Уведомление можно отправить участникам по электронной почте, в СМС или во время начала трансляции отправить через мессенджеры, соцсети ссылку для приглашения (рис. 2).

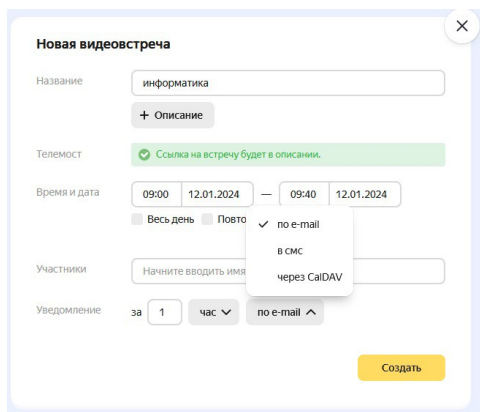


Рис. 2. Окно создания видеовстречи

Участникам видеовстречи необходимо выбрать окно «Подключиться», вставить ссылку от организатора или указать номер встречи (рис. 3).

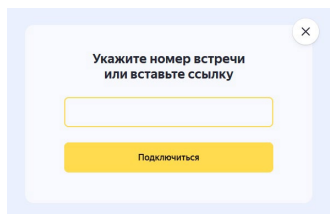


Рис. 3. Окно подключения к видеовстречи

При входе в окно «Создать видеовстречу» появляется сообщение о предоставлении доступа к микрофону и видеоканере вашего ПК. После предоставления доступа, мы попадаем в вебинарную комнату, где на экране видим себя, а ниже располагается номер встречи и ссылка для отправки участникам. Ссылка доступна 24 часа.

В левом нижнем углу при выборе значка «Пригласить на встречу и посмотреть список участников» и при нажатии «Ещё» отображаются значки включения/выключения камеры и микрофона участников (рис. 4).

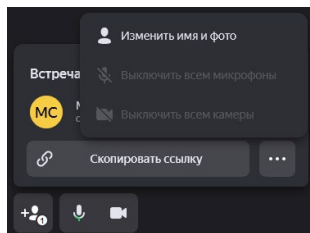


Рис. 4. Включение/выключение камеры и микрофона участников

Для обратной связи с участниками видеовстречи можно подключить чат, где писать текстовые сообщения и прикреплять файлы могут только участники, авторизованные в Телемосте с Яндекс ID.

Назначить соорганизатором можно только участника встречи, который авторизовался в Телемосте с Яндекс ID.

Для демонстрации необходимо выбрать «Демонстрация», выбрать нужный файл. На экране появится сообщение, что экран видят другие участники встречи.

Внизу при выборе значка «Ещё» можно изменить вид встречи (вид докладчика/ вид галереи), начать запись (недоступно в Mozilla Firefox) и выбрать «Настройки», где есть возможность вносить изменения в профиль, настраивать видео и звук (недоступно в Mozilla Firefox), а также написать в службу техподдержки (рис. 5).

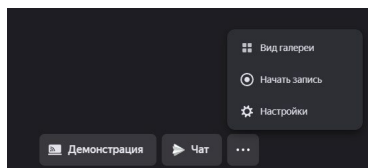


Рис. 5. Возможности настроек видеовстречи

Телемост в браузере ограничивает запись видеовстречи до 30 минут. Запись целиком возможна в установленной программе для компьютера. По окончании записи видеовстречи файл будет размещен в папке Загрузки. В Яндекс.Календаре отображается запланированная видеовстреча, при клике на которую отображается ссылка на трансляцию.

Заключение

Яндекс Телемост можно использовать в образовательном процессе. Сервис ограничен по инструментарию, но его можно рассматривать как бесплатный аналог платных сервисов для проведения дистанционного обучения, воспитательных мероприятий, индивидуальных консультаций.

Список литературы

1. Государственная политика в сфере общего образования Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://education.apkpro.ru/>
2. Яндекс Телемост. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://telemost.yandex.ru/>

Преимущества запуска дистанционного инклюзивного образования в школах

А. Х. Ташматов, email: toshmatovabdujabbor7@gmail.com

Агентство специализированных учебных заведений
школа творчества им. Х. Худойбердиевой

***Аннотация.** В этой статье рассматривается такая работа, как роль информационных технологий в образовании, создание благоприятных условий для учащихся, которые не могут посещать школу в течение определенного периода из-за инвалидности или по состоянию здоровья, для освоения учебников путем организации дистанционного обучения в частных школах.*

***Ключевые слова:** синхрон, асинхрон, мультимедиа, платформа, индивидуализация, дистанционное обучение, онлайн-школа.*

Введение

В настоящее время создание достаточных условий для получения учащимися знаний в средних школах остается актуальной задачей. Для этого, чтобы создавать качественные учебники в системе образования, повышать знания учителей, необходимо ежегодно проходить регулярные курсы повышения квалификации и ряд других мероприятий. Создание электронных образовательных средств еще больше расширяет возможности использования современных информационных технологий [1]. Это, в свою очередь, является основным фактором глубокого усвоения учащимися знаний по этим предметам, повышения качества и эффективности образования. Реализация таких усилий позволит еще больше ускорить широкое применение современных педагогических и информационных технологий в образовательном процессе, вооружить учителей передовыми педагогическими знаниями и технологиями, повысить их квалификацию, глубоко изучить опыт зарубежных образовательных учреждений и внедрить их эффективные методы и инструменты. Дистанционное обучение – это система образования, основанная на новых информационных технологиях, телекоммуникационных технологиях и технических средствах. Это система, которая требует от ученика более самостоятельного участия, предоставляя ему условия обучения и общения с учителем на основе определенных стандартов и образовательных законов. В этом случае учебный процесс не зависит от того, в какое время и где находится

студент. Использование дистанционного обучения в преподавании – это, прежде всего, повышенный интерес к науке у студентов, имеющих проблемы со здоровьем, ускорение учебного процесса, рост творческой активности у студента, дифференцированный подход к преподаванию знаний, повторение, закрепление и контроль приобретенного знания. На основе углубленного изучения предметов, которые интересуют студентов, занятия по вариативным учебным планам проходят синхронно (с использованием системы видеоконференцсвязи в режиме реального времени в области дистанционного обучения, с использованием виртуальной учебной комнаты) и асинхрон (создание и публикация онлайн-курсов обучения в любое время в области дистанционного обучения, запись и публикация видеозаписей, использование облачных технологий) происходит в форме. Для дистанционного урока учитель не должен забывать составить план.

1. Анализ источников по теме

В последние годы в городе наблюдается увеличение числа учащихся средних школ в результате регулярного увеличения численности населения города в нашей республике. Этот процесс приводит к тому, что средние школы охватывают больше учащихся, чем планировалось. В результате были созданы общеобразовательные школы, где количество учащихся в одном классе доходит до сорока, а занятия проводятся в три смены. В свою очередь, этот процесс отрицательно влияет на качество обучения учащихся, то есть у педагогов не будет возможности охватить всех учащихся класса в результате работы с большим количеством учащихся. Учащиеся, отсутствующие в школе в течение определенного периода времени по причине инвалидности или состояния здоровья, также могут отставать от других учащихся или не осваивать текущие темы. Чтобы избежать подобных проблем, настало время организовать занятия дистанционного обучения в частных средних школах. Внедрение дистанционного обучения в систему образования поможет многим домашним школьникам освоить предметы. По данным Министерства народного образования, в 2021/2022 учебном году 14059 учащихся были привлечены к индивидуальному домашнему обучению [2]. Только в Сырдарьинской области Узбекистана в 2023 году насчитывается 545 учащихся, обучающихся на дому, около 50% из которых обучаются на дому в течение определенного периода времени по состоянию здоровья. Кроме того, учащимся, которые по состоянию здоровья и другим причинам не могли посещать занятия в течение нескольких недель, также будет трудно усвоить пропущенные темы. Запуск платформы синхронных и асинхронных онлайн-уроков, состоящей из предметных

видеоуроков для этих учеников, создаст условия для идеального владения ими предметами. В настоящее время элементы дистанционного обучения внедряются в образовательную систему. Дистанционное обучение - это образовательная система, основанная на новых информационных технологиях, телекоммуникационных технологиях и технических средствах. Она обеспечивает общение учащегося с преподавателем на основе определенных стандартов, правил и представляет собой систему, требующую от учащегося более самостоятельной деятельности (рис. 1). Это не зависит от того, в какое время и в каком месте находится обучающийся во время обучения.

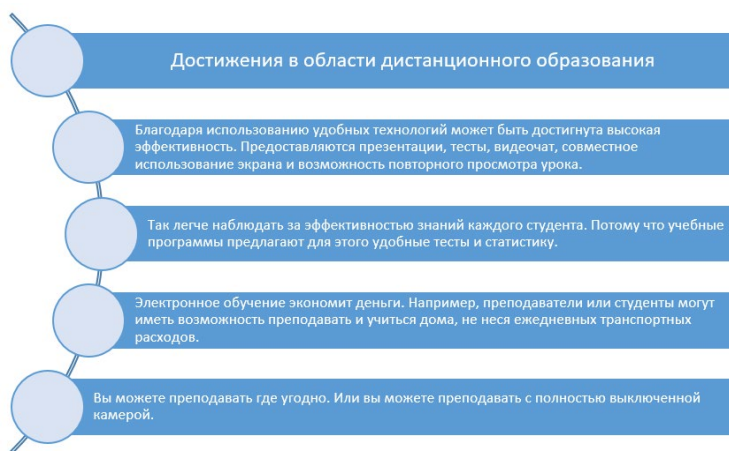


Рис. 1. Достижения дистанционного образования

2. Методология исследования

Согласно исследованиям, дети, которым родители помогают им в учебе, добиваются лучших результатов, чем их сверстники. Но родители не всегда могут помочь своим детям в учебе. Даже при дистанционном обучении родители могут предоставить своим детям всех возрастов возможность получить качественное образование.

В настоящее время в нашей республике действует одно онлайн-образовательное учреждение «Leader School». Ознакомиться с деятельностью данной школы можно на сайте <https://uz-online.leaderschool.uz> [3]. Эта школа предлагает онлайн-классы (рис. 2), а также офлайн-классы. Учащимся, обучающимся в онлайн-классах, занятия проводятся синхронно и асинхронно в соответствии с

вариативной учебной программой. Для учащихся, обучающихся в онлайн-классах этой школы, доступны услуги привязанности тренера.

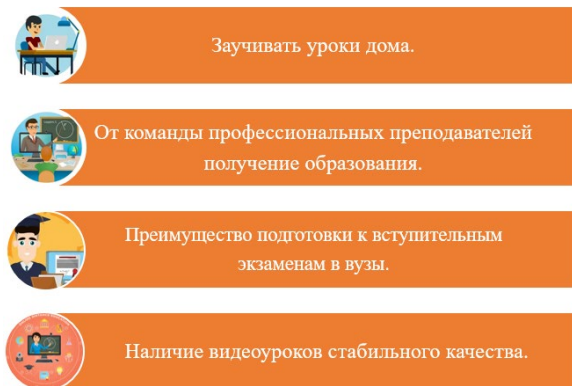


Рис. 2. Дистанционное образование

Тренеры помогают учащимся выполнять свои домашние обязанности, а также предоставляют родителям отчеты об учебе их детей. На основе мультимедийных средств можно сэкономить до 30% времени при получении знаний, при этом приобретенные знания надолго останутся в памяти. Если учащиеся будут получать учебные материалы в аудио, видео и графическом виде, объем хранения материалов в памяти увеличится на 75% [4]. В настоящее время широко используется использование видеоуроков в дистанционном обучении. Примерами этого являются Khanacademy, Coursera, Udemu, Educations и другие платформы.

3. Анализ и результаты

По мнению российского философа А. А. Малышко, дистанционное образование воплощает в себе важный парадокс, подтверждающий, что оно должно существовать, не имея определенной научной основы [5]. Министерство народного образования Республики Узбекистан разместило на платформе Maktab.uz видеоуроки на узбекском и русском языках по школьным учебникам для дистанционного обучения. В видеоуроках темы освещаются в среднем 15 минут, и у учащихся нет возможности получить оценку, выполнив задание [6]. В дистанционном обучении видеоуроки должны содержать все соответствующие учебные материалы по определенному предмету и должны быть простыми в использовании даже для учащихся с ограниченными возможностями.

Для этого в видеоуроках подача тем в соответствии с возрастными и психофизиологическими особенностями учащегося, понятное изложение, принимающее во внимание определенные факты, концепции, правила и междисциплинарные связи, учет способности учащихся воспринимать нововведения, уровня усвоения ранее полученных знаний, оно должно быть максимально ярким и красочным, также следует использовать субтитры и сурдоперевод.

Заключение

В основе любой формы образования лежит повышение уровня знаний человека [7]. Внедрение дистанционного обучения в образовательный процесс способствует обеспечению самостоятельного усвоения учебного материала учащимися, которые по определенным причинам не могут участвовать в занятиях, индивидуализации обучения, совершенствованию самоконтроля, повышению результативности образовательного процесса. В нынешних условиях трудно дать полностью положительный ответ на вопрос о том, насколько студенты увлечены обучением в процессе дистанционного обучения. Поэтому, создавая платформу дистанционного обучения, необходимо создать условия для самостоятельного получения знаний учащимися и конечно же, контролировать выполнение заданий по каждой теме преподавателями.

Список литературы

1. Аюпов, Р. Х. Таълимда ахборот технологиялари / Р. Х. Аюпов. – Ташкентский государственный педагогический университет имени Низоми. – Т.: ТПДУ, 2020 г. – 578 с.
2. Министерство дошкольного и школьного образования Республики Узбекистан [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://uzedu.uz>
3. Leader Online – Дистанционная школа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://uz-online.leaderschool.uz>
4. Гуломов, С. С. Ахборот тизимлари ва технологиялари / С. С. Гуломов, Р. Х. Алимов, Х. С. Лутфуллаев [и др.]. – Т.: Шарк, 2000. – 592 с.
5. Малышко, А. А. Философские аспекты дистанционного образования / А. А. Малышко // Вестник МГТУ : Труды Мурманского гос. техн. ун-та. – 2007. – Т. 10. – № 3. – С. 394-398.
6. Maktab.uz Библиотека видеоуроков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.maktab.uz>
7. Зайцева, О. В. Информатизация образования и интеллектуальный капитал / О. В. Зайцева // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. - № 12. – С. 105-109.

Секция 6
Корпоративные учебные
центры и
образовательные
программы: проблемы и
перспективы

Образовательная робототехника как средство подготовки детей к школе

А. Ф. Зубаков, email: shurikguardian@gmail.com

А. М. Зубакова, email: zubakovaann@bk.ru

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема подготовки ребенка к школе, в частности затронута педагогическая сторона данной проблемы. Одним из способов решения описанной проблемы является использование робототехники в процессе подготовки ребенка к школе. Использование робототехники будет оказывать положительное влияние на формирование различных навыков у детей и повысит эффективность подготовки за счет разнонаправленности предмета. В данной статье описан опыт Шуйского филиала ИвГУ по использованию образовательной робототехники в процессе обучения детей различного возраста.*

***Ключевые слова:** образовательная робототехника, подготовка к школе, дети, детский сад, робототехника, конструирование.*

Введение

Подготовка ребенка к школе, как психологическая, так и педагогическая, начинается с самого раннего возраста, когда ребенок только начинает познавать мир, делает первые шаги, учится ходить, говорить, понимать, запоминать и пересказывать информацию. Все эти навыки ребенок развивает в общении со взрослыми и со сверстниками, в дошкольном и дополнительном образовании, дома с родителями, в играх и совместной трудовой деятельности. Познавая окружающий мир, ребенок готовит себя к школьной взрослой жизни, понимая и осознавая ее значимость и свою ответственность. Неподготовленность ребенка к обучению в школе можно условно разделить на воспитательную и физиологическую.

Физиологические причины – различного рода отклонения в физическом и нервно-психическом развитии ребенка. Это может быть ослабленное здоровье, нарушение речи, снижение темпов развития, задержка формирования отдельных функций, и даже ожирение или, наоборот, недобор веса, тем самым нехватка нужных витаминов и микроэлементов для нормального физического развития и умственных

способностей. В рамках данной статьи мы не будем затрагивать этот аспект, а обсудим возможное нивелирование проблемы педагогическими средствами.

Образовательная робототехника как средство подготовки детей к школе

Обсуждение воспитательных причин неготовности детей к школе не менее важно. Чаще всего неподготовленность детей к школе связана именно с неэффективной тактикой педагогического процесса, неправильного подхода к организации взаимодействия с детьми в раннем дошкольном возрасте. Многие считают, что в первую очередь ребенок должен уметь читать, и делать это достаточно бегло, писать знать цифры, уметь вычитать и складывать их. Но это не в полной мере можно назвать полноценной подготовкой ребенка ко взрослой школьной жизни.

Психологически и организационно неподготовленному ребенку очень тяжело первое время в школе и, в связи с этим, у него происходит отторжение от самого образовательного процесса и школы. Непонимание того, что и как он должен делать и что от него хочет учитель приводит к стрессовой ситуации и усугубляет сложный процесс адаптации к роли ученика. Ребенок не может сосредоточиться на уроке, не понимает сути урока, часто отвлекается и отвлекает других, тем самым теряя нить обучения.

В первую очередь для дошкольника необходимо создать условия для плавного и органичного включения его в совместную коллективную деятельность, в том числе и со сверстниками. Эта задача становится перед детским садом и семьей.

Если ребенок посещает детский сад, то это существенно упрощает процесс включения его в коллективную деятельность. В детском саду есть все необходимое для развития детского коллектива, с помощью самостоятельности и творчества зарождается интерес к познаниям [1].

Родителям стоит подходить к вопросу дошкольного обучения осторожно, с помощью игр и ноток творчества. В своей книге «Сердце отдаю детям» В. А. Сухомлинский писал: «Так пусть перед ребенком открывается чудесный мир в живых красках, ярких и трепетных звуках, в сказке и игре, в собственном творчестве, в красоте, воодушевляющей его сердце, в стремлении делать добро людям. Через сказку, фантазию, игру, через неповторимое детское творчество - верная дорога к сердцу ребенка.»

При подготовке ребенка к начальной школе нет чего-то первостепенного, а чего-то второстепенного, не важного, не достойного внимания взрослых. Все стороны развития ребенка в период его

дошкольной жизни важны в совокупности. Здесь важен комплекс мер, направленных на развитие ребенка со всех окружающих его сторон, сплоченная работа родителей и воспитателей для успешной подготовки дошкольника. Важную роль играет и настрой самого дошкольника, его желание приобрести новый статус «школьника», его эмоционально-волевая готовность к учебному процессу.

Подготовка ребенка к школе – это процесс, в который должны быть вовлечены все участники образовательного процесса (ребенок, воспитатель и родитель). Необходимо сформировать у ребенка желание и мотивацию к получению необходимого комплекса знаний и умений, который пригодится ему в школе. Основа коммуникативных навыков закладывается у ребенка в детском саду благодаря включению его во все организационные моменты деятельности образовательного учреждения.

Также важно понимать, что численность детей в группе может быть разным и чем она выше, тем меньше внимания может уделить воспитатель каждому ребенку, чтобы полностью донести информацию. В этих случаях рекомендуется обращаться в образовательные центры подготовки детей к школе, где учитель будет дополнительного формировать необходимые для школы качества. Подготовкой ребенка к школе могут заниматься и сами родители, но для этого необходимо иметь определенную подготовку и четко понимать, к чему и для чего мы готовим ребенка к школе, чтобы в результате не навредить ребенку и не отбить желание обучаться.

Век компьютерной техники предоставляет новые возможности и направления в работе с детьми. Реализация ФГОС дошкольного образования требует создания инновационной образовательной среды для развития логического мышления детей, их интеллектуального, умственного, творческого развития. В последние годы в детском саду и в начальной школе получило развитие инновационное образовательное направление «Робототехника». Проблема развития логического мышления детей дошкольного возраста средствами робототехники определяет возможности решения задач образовательной области «Познание» с помощью организации игрового обучения с помощью наборов робототехнических конструкторов.

В настоящее время, когда миром правит техника, существует огромное количество возможностей и направлений развития детей в области технического конструирования и моделирования. С каждым годом на потребительском рынке растет количество моделей образовательных конструкторов с возможностью программного управления построенных моделей, некоторые из них ориентированы на детей дошкольного возраста. Важно отметить, что компьютер

используется как средство управления моделью, его использование направлено на составление дошкольниками визуально наглядных алгоритмы. Ребенок получает представление об особенностях составления программ управления и автоматизации различных процессов.

Влияние конструктивной деятельности на умственное развитие детей обосновано в работах А. Р. Лурия. Им научно доказано, что упражнения в конструировании оказывают существенное влияние на развитие ребенка, радикально изменяя характер его познавательной деятельности. Конструирование и робототехника полностью отвечают условиям развития логического мышления детей, их интересам, способностям и возможностям, поскольку ориентированы на эту деятельность.

Работа с образовательными конструкторами дает ребенку возможность через познавательную игру легко овладевать способами и методами конструирования, сопоставления, проектирования. При этом у ребенка развиваются личностные качества: любознательность, активность, самостоятельность, ответственность и воспитанность, что считается в настоящее время результатом образовательной деятельности в дошкольном возрасте.

От простых кубиков ребенок постепенно переходит на конструкторы, состоящие из простых геометрических фигур, затем появляются первые механизмы и программируемые конструкторы.

Командная работа дошкольников в процессе конструирования робототехнических устройств способствует формированию детского коллектива: умение брать на себя роли, распределять обязанности и четко выполнять правила поведения. Каждый ребенок может поучаствовать в разных ролях, сегодня помощник, а завтра главный разработчик модели. С использованием образовательных конструкторов дети самостоятельно приобретают знания при решении практических задач или проблем, требующих интеграции знаний из различных предметных областей. Как следствие, проектная деятельность дает возможность воспитывать деятеля, а не исполнителя. Развивать волевые качества личности и навыки партнерского взаимодействия.

Робототехника является инновационной технологией, которая объединяет знания о физике, механике, технологии, математике и ИКТ. У ребенка в процессе занятий по робототехнике формируются познавательные – исследовательские умения и навыки, желание добиваться результата, закладываются первые предпосылки учебной деятельности. Кроме того, использование образовательной

робототехники позволяет чередовать практические и умственные действия ребенка.

Психолого-педагогические исследования (Л.С. Выготский, А.В. Запорожец, Л.А. Венгер, Н.Н. Поддъяков, Л.А. Парамонова и др.) показывают, что наиболее эффективным способом развития технического творчества, является практическое изучение, проектирование и изготовление объектов техники, самостоятельное создание детьми технических объектов, которое происходит в процессе специально организованного обучения.

Основными методами обучения по робототехнике выступают:

- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;
- групповая и индивидуальная работа;
- информационно-коммуникационные технологии.

В процессе занятий по робототехнике происходит интеграция всех образовательных областей:

– познавательное развитие (ребенок сам, того не замечая, осваивает устный счет, состав числа, совершает простые арифметические действия; развиваются представления об окружающем мире);

– речевое развитие (при обсуждении с детьми постройки, ребенок рассказывает о своих действиях, тем самым развивается связная речь, обогащается активный словарь детей);

– художественно-эстетическое развитие (созданную постройку можно обыграть при помощи спектакля, сказки и т.д.);

– социально-коммуникативное (формирование умения работать в коллективе – умение быть лидером или помощником, четко распределять обязанности и выполнять правила поведения, а как следствие, формирование взаимовыручки и сотрудничества).

Важным для педагогов является и то, что использование занятий по робототехнике можно легко связать с лексическими темами и календарно - тематическим планированием, что не только облегчает усвоение нового материала, но и дает возможность закрепления пройденного материала в игровой форме.

Использование робототехники в дошкольной организации является новым направлением работы, тем самым вызывает интерес не только у детей, но и у родителей, которые становятся активными участниками педагогического процесса. Внедрение робототехники именно в дошкольные организации предоставляет детям возможность проявить творческие, конструктивные способности.

На базе Шуйского филиала ИвГУ реализуется проект «Региональное студенческое образовательное пространство «Семейная робототехника», в рамках которого нами обоснована идея о том, что робототехника – это универсальный инструмент для дошкольного образования в четком соответствии с требованиями ФГОС ДО и подходит для детей старшего дошкольного возраста (5-7 лет).

Для работы с дошкольниками и их родителями (законными представителями) нами используются наборы Lego WeDo, которые обладают рядом характеристик, значительно отличающих его от других конструкторов, и прежде всего – большим диапазоном конструкторских и моделирующих возможностей.

Использование робототехнического конструктора Lego WeDo в образовательной работе с детьми выступает в первую очередь оптимальным средством формирования навыков конструктивно-игровой деятельности и критерием психофизического развития детей старшего дошкольного возраста, в том числе становления таких важных компонентов деятельности, как умение ставить цель, подбирать средства для ее достижения, прилагать усилия для точного соответствия полученного результата с замыслом.

Конструкторы Lego WeDo вводят детей в мир моделирования и конструирования, способствуют формированию общих навыков проектного мышления, исследовательской деятельности, коллективного обсуждения, учат детей не только репродуктивным путём приобретать новые навыки, но и осваивать новые технологии и материалы и применять их в своём творчестве, побуждают интерес к творческой конструктивной деятельности, который в дальнейшем поможет ребёнку перейти на новый уровень умственного развития и облегчит подготовку к школе.

Концептуальная идея работы с данным конструктором заключается в целенаправленной работе по обеспечению воспитанников дополнительной возможностью удовлетворения творческих и образовательных потребностей для реализации новых компетенций, овладения новыми навыками и расширения круга интересов, посредством конструкторской и проектной деятельности с использованием робототехнического конструктора Lego WeDo. При проектировании содержания деятельности с конструктором учитывается краеведческий принцип, то есть обучение позволяет соединить дополнительную образовательную деятельность с событиями, происходящими в окружении ребенка.

Конструкторы данного вида предназначены для того, чтобы положить начало формированию у воспитанников подготовительных

групп целостного представления о мире техники, устройстве конструкций, механизмов и машин, их месте в окружающем мире. Реализация данного курса позволяет расширить и углубить технические знания и навыки дошкольников, стимулировать интерес и любознательность к техническому творчеству, умению исследовать проблему, анализировать имеющиеся ресурсы, выдвигать гипотезы. На этом этапе работы предполагается организация совместной проектной деятельности, активное привлечение родителей к техническому творчеству.

Дошкольники сначала обдумывают, а затем создают различные модели. При этом активизация усвоения учебного материала достигается благодаря тому, что мозг и руки «работают вместе». Дети играют в юных исследователей, инженеров, программистов, проектировщиков, не только знакомясь с новыми ролями, но и легко усваивая знания в различных областях наук. Огромное значение в организации проектной деятельности ребенка играют родители и старшие партнеры. Неизбежные ошибки и промахи подталкивают ребенка, при поддержке взрослых, к анализу собственной деятельности, активному мышлению и развитию умения решать возникающие проблемы коллективно [2].

В процессе работы студенческой лаборатории «Семейная робототехника» мы пришли к выводу о том, что самой первой возрастной группой, с которой можно полноценно заниматься робототехникой являются дети возраста дошкольного и младшего школьного возраста, их психологические особенности хорошо описаны в трудах выдающихся ученых. Л. С. Выготский [3] писал, что уже в дошкольном возрасте присутствует психологический критерий, позволяющий различать игру, как ведущую деятельность ребенка, и иные виды занятий. Согласно наблюдениям ученого, с раннего детства ребенок создает воображаемую ситуацию и учится манипулировать предметами, осваивать действия, специфические для данного предмета. В процессе освоения действия возможно обобщение и перенос действия на другой предмет или в другую ситуацию. В свою очередь Д. Б. Эльконин [4] обратил внимание, что у ребенка уже в дошкольном возрасте формируются произвольность поведения и зачатки рефлексии. Именно в этот период происходит сворачивание сюжетно-ролевой игры и на первый план выходят правила, ориентация на конечный результат. «Функция контроля еще очень слаба, – пишет Д.Б. Эльконин, – и часто еще требует поддержки со стороны ситуации, со стороны участников игры».

Заключение

Робототехника является комплексным средством по достижению различных целей и задач образования. Существует множество исследований, в которых робототехника используется в методиках - интегративного подхода к изучению предметов естественнонаучного цикла: физики, химии, математики, технологии и информатики. Препедевтика STEM в процессе подготовки детей к школе позволит с раннего возраста пробудить интерес к дисциплина естественнонаучного цикла, которые в дальнейшем будут ими изучаться на протяжении всего школьного обучения. [5]

Образовательная робототехника доказала свою состоятельность как организационно-методическая основа подготовки детей к обучению школе, а ее дидактические возможности вносят существенный вклад в развитие у дошкольников: мелкой моторики за счет работы с мелкими деталями конструкторов; формирование навыков математического счета, так как: даже на уровне подбора деталей для робота приходится иметь дело с балками разной длины, сравнением деталей по величине и счетом в пределах от 10 до 15; навыков конструирования; умения работать в команде; умения презентовать результат конструирования.

Список литературы

1. Запорожец, А. В. Подготовка детей к школе. Основы дошкольной педагогики / Под редакцией А. В. Запорожца, Г. А. Марковой. – М., 1980. – 250 с.
2. Образовательная робототехника как инновационная технология обучения / Я. А. Ваграменко, О. М. Карпенко, Г. Ю. Яламов [и др.] ; Открытый гуманитарно-экономический университет, БИОР УМНЕИ, Институт управления образованием РАО. – Москва : Издательство Современного гуманитарного университета, 2019. – 105 с. – ISBN 978-5-8323-1106-7. – EDN FSVPPN.
3. Выготский Л. С. Игра и ее роль в психическом развитии ребенка // Психология развития. – СПб.: Питер, 2001. – С. 56–79.
4. Эльконин, Д. Б. Психология игры / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – Москва : ВЛАДОС, 1999. – 358, [1] с.
5. Развитие образовательной робототехники: проблемы и перспективы / С. А. Зайцева, В. В. Иванов, В. С. Киселев, А. Ф. Зубаков // Образование и наука. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 84-115. – DOI 10.17853/1994-5639-2022-2-84-115. – EDN SGILVL

Информационные технологии взаимодействия вуза с психолого-педагогическими классами школ

Н. М. Сосновиков, email: nekitalive@gmail.com
В. В. Иванов, email: ivv.consultant.37@gmail.com

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

Аннотация. В статье рассматривается проблема недостатка педагогических кадрового в России. Для решения данной проблемы реализуется федеральный проект по созданию психолого-педагогических классов на базе школ. Педагогические вузы активно включаются в процесс сопровождения психолого-педагогических классов с целью обеспечения себя профессионально ориентированными абитуриентами. В рамках данной статьи описан опыт Шуйского филиала ИвГУ по организации взаимодействия с профильными классами школ; охарактеризованы информационные технологии, используемые для дистанционной поддержки профориентационной работы.

Ключевые слова: психолого-педагогические классы, вуз, профориентация, абитуриент, информационные технологии, дистанционное взаимодействие.

Введение

Проблема недостатка кадров в педагогической сфере деятельности в России на сегодняшний день является одной из самых острых и актуальных. Несмотря на то, что в последние годы количество выпускников педагогических вузов увеличилось, это не решает проблему недостатка квалифицированных педагогов. На 2024 год, согласно информации на всероссийском сайте «Работа России», размещено более 20 тысяч вакансий педагогов по всей стране [1].

Проблема недостатка педагогических кадров ухудшается из года в год. Молодое поколение не стремится выбрать профессию педагога. Как отмечает Олейников А. А. и Пенькова А. С., по статистике всего треть выпускников педагогических вузов выбирает педагогическую сферу деятельности после окончания вуза [2].

Современная государственная система, отмечая важность обеспечения педагогическими кадрами системы образования, принимает необходимые меры для их решения. Одной из таких мер

является открытие профильных психолого-педагогических классов на базе школ по всей стране. В рамках проекта развития профильных психолого-педагогических классов планируется создание не менее 5000 таких классов в 2024 году. Профильные психолого-педагогические классы – первая ступень непрерывного педагогического профессионального образования [3].

Информационные технологии взаимодействия вуза с психолого-педагогическими классами школ

Педагогические вузы сталкиваются с проблемой низкого спроса на программы подготовки, что связано с общим снижением интереса к профессии учителя. Педагогические вузы вынужденно конкурируют с другими государственными и коммерческими вузами, которые зачастую предлагают более привлекательные программы обучения и перспективы для будущей карьеры. С каждым годом проблема сокращения абитуриентов на педагогические направления ощущается все более остро [4]. Для решения этой проблемы многие педагогические вузы используют различные маркетинговые стратегии, например, проводят рекламные кампании, организуют дни открытых дверей и предлагают стипендии и другие виды финансовой поддержки для привлечения талантливых абитуриентов. Также педагогические вузы сотрудничают с школами и другими учебными заведениями, чтобы повысить интерес к профессии учителя и привлечь больше студентов на программы подготовки.

Департамент образования Ивановской области совместно с Шуйским филиалом ИвГУ и Университетом непрерывного образования и инноваций ведет активную работу по созданию и развитию психолого-педагогических классов. По итогам мониторинга на 1 сентября 2023 года уже начали работу 31 профильный психолого-педагогический класс [5].

Цель таких классов – создание оптимальных условий для обучения и развития учащихся, мотивация их на выбор педагогической сферы будущей профессиональной деятельности, повышение эффективности образовательного процесса и развитие личности каждого ученика.

В современном мире педагогическое образование играет огромную роль в развитии общества. В каждой области имеются центры педагогического образования – вузы, реализующие программы педагогических направлений подготовки. Эти центры предоставляют возможность получения педагогической профессии, повышения квалификации или профессиональной переподготовки уже работающим педагогам всех уровней. Они предлагают различные курсы, тренинги и семинары, которые помогают педагогам улучшить свои навыки и узнать

о новейших методиках обучения. Кроме того, центры педагогического образования являются местом для обмена опытом между педагогами, что способствует развитию профессионального сообщества. Безусловно, центры педагогического образования играют важную роль в повышении качества образования и в развитии общества в целом.

В Ивановской области таким педагогическим центром является Шуйский филиал ИвГУ. Понимая, что проблема недостатка абитуриентов является долгосрочной, он активно сотрудничает с психолого-педагогическими классами области, поскольку такое взаимодействие является одним из эффективных способов решения проблемы обеспечения абитуриентами приемной кампании. Рационально организованная работа вуза с обучающимися психолого-педагогических классов помогает повысить престиж профессии учителя и привлечь больше талантливых и мотивированных людей к работе в образовании.

Профориентационная работа на уровне университета означает, что университет предоставляет абитуриентам информацию о различных профессиях и карьерных путях, которые могут быть доступны после окончания учебы. Однако, важно не только предоставить информацию, но и помочь абитуриентам определиться с выбором профессии, основываясь на их интересах, способностях и личностных особенностях. Таким образом, профориентационная работа на уровне университета должна быть индивидуальной и персонализированной, чтобы помочь абитуриентам принять правильное решение по выбору профессии.

Как отмечает Прохоров А.В. одной из востребованных форм профориентационной работы, являются интеллектуальные соревнования для школьников: олимпиады, конкурсы проектов, гранты и т.п. В качестве профориентационных инициатив на уровне отдельной образовательной программы могут быть профильные школы [6].

Мельникова М. А. и Васильев А. А. отмечают также, что проведение дней открытых дверей в вузе, выездные экскурсии, а также опросы и тестирования школьников в рамках привлечения их на образовательные программы вузов, являются достаточно эффективными способами повышения мотивированности абитуриентов для выбора педагогической профессии [7].

Однако все предложенные методы имеют узкую специализацию и могут быть применены только в определенных условиях. Они не являются универсальными и не могут решить многие возникающие проблемы. Для достижения желаемого результата, необходимо продолжительное и последовательное применение методов, а не

единичные мероприятия. Для решения такой обширной проблемы, как недостаточная мотивированность абитуриентов к выбору педагогических направлений подготовки, необходим системный подход, чтобы достичь поставленных целей.

Современные информационные технологии предоставляют множество возможностей для обеспечения пролонгированного взаимодействия вуза с психолого-педагогическими классами школ. Одной из основных задач в этом процессе является обеспечение эффективной коммуникации между преподавателями вуза и студентами с учащимися психолого-педагогических классов школ. Виртуальное включение учащихся психолого-педагогических классов в информационно-образовательную среду вуза, студенческие сообщества и онлайн-мероприятия позволяют будущим абитуриентам сделать принятое обоснованное решение о выборе вуза для продолжения своего образования.

Шуйский филиал ИвГУ имеет достаточно обширный инструментарий для взаимодействия с абитуриентами. Один из таких инструментов – это сайт вуза, который предоставляет всю необходимую информацию о филиале и образовательных программах, доступных для поступления. На сайте можно найти информацию о требованиях к поступающим, условиях приема, сроках подачи документов, расписании вступительных испытаний и многое другое. Кроме того, на сайте размещены контактные данные сотрудников приемной комиссии, которые готовы ответить на любые вопросы абитуриентов и помочь им в процессе подготовки к поступлению (рис. 1). Именно через сайт университета будущие абитуриенты могут следить за новостями вуза, вступить в студенческие сообщества и получить приглашения на онлайн-мероприятия.

Университетом активно ведутся социальные сообщества вуза в сетях, таких как ВКонтакте и Одноклассники (рис. 2). В этих сообществах абитуриенты могут ознакомиться со всеми предстоящими мероприятиями и принять в них активное участие. А также посмотреть видео и фотоотчет по прошедшим мероприятиям. Каждый абитуриент может задать интересующий его вопрос и своевременно получить на него аргументированный ответ со стороны вуза.

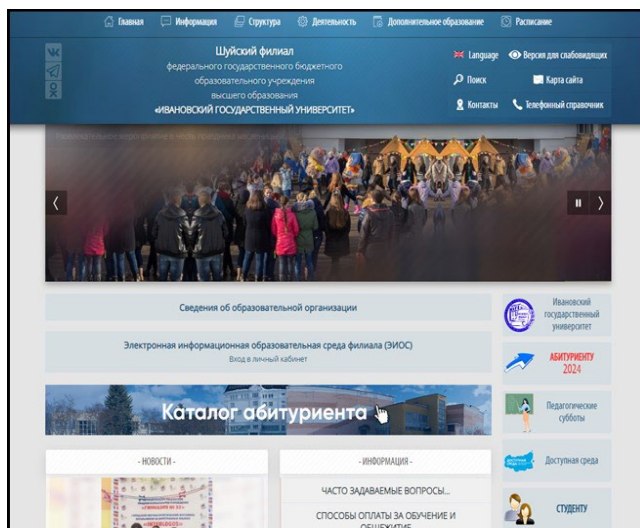
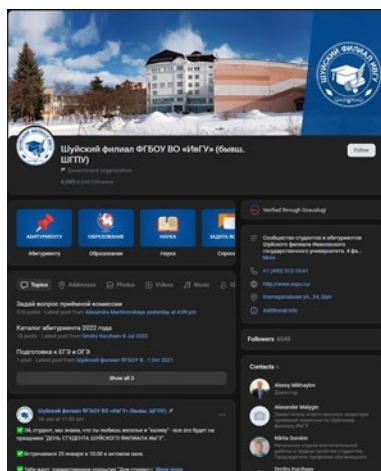
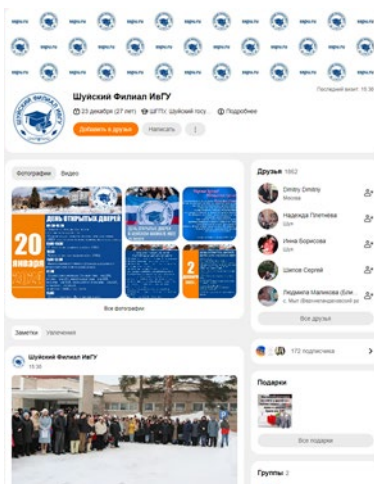


Рис. 1. Главная страница сайта Шуйского филиала ИвГУ



а



б

а – сообщество в социальной сети ВКонтakte, б – сообщество в социальной сети Одноклассники

Рис. 2. Социальные сети Шуйского филиала ИвГУ

Вторым по значимости направлением профориентационной работы вуза с обучающимися психолого-педагогических классов можно считать включение будущих абитуриентов в систему дополнительного образования. Например, кафедра математики информатики и методики обучения в 2023-2024 учебном году реализует несколько направлений дополнительного образования для школьников: «Информационная технология в образовании», «Образовательная робототехника» и «3D-моделирование». Со всеми программами дополнительного образования и переподготовки можно ознакомиться на сайте Центра дополнительного образования вуза [8].

Все перечисленные программы реализуются в смешанном формате. Примерно 30% занятий предусматривают очный контакт с преподавателем и использование необходимого инструментария и оборудования. Каждая из предлагаемых программ дополнительного образования имеет информационную поддержку и средства онлайн-взаимодействия со слушателями. Для организации образовательного процесса со школьниками в дистанционном формате используются система Moodle (рис. 3) и приложение Classroom сервиса Google (рис. 4).

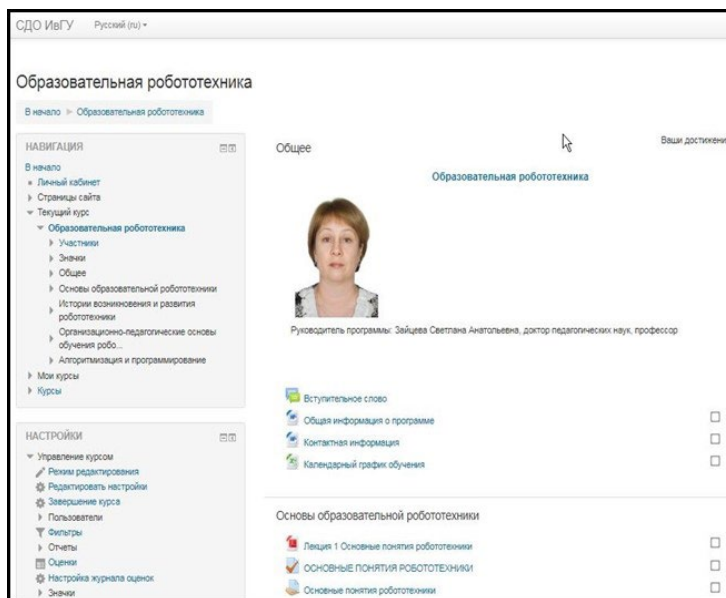


Рис. 3. Фрагмент дистанционного блока программы дополнительного образования в системе Moodle

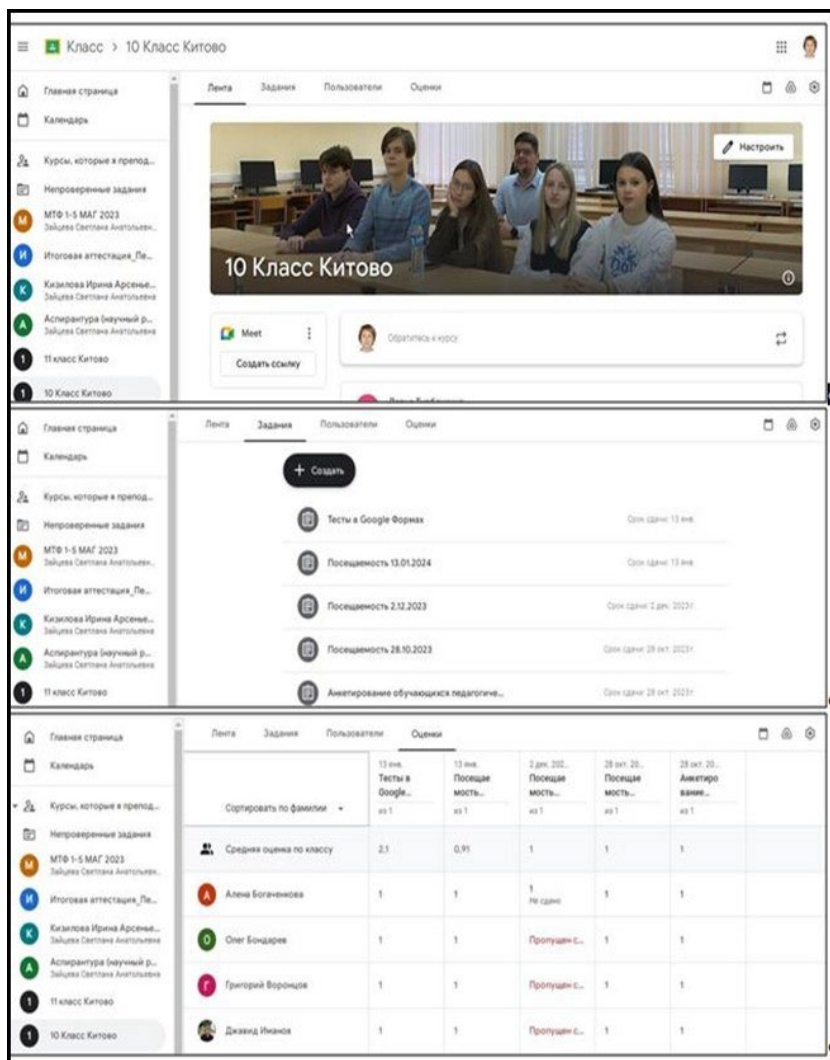


Рис. 4. Фрагмент дистанционного блока программы дополнительного образования в системе Google Classroom

Система Google Classroom представляет множество возможностей и преимуществ для учителей и учеников. Одним из главных преимуществ является бесплатность данного инструмента, для работы в нем необходим лишь аккаунт Google. Google Classroom имеет простой и интуитивно понятный интерфейс, что делает его легким в использовании даже для тех, кто не ранее не имел опыта взаимодействия с подобными ресурсами. Одним из важнейших преимуществ является возможность беспрепятственного обмена информацией между учителями и учениками, а также между самими учениками. Для легкой коммуникации обучающиеся могут размещать сообщения на ленте. Однако система предназначена для работы, в первую очередь, в классе, что ограничивает возможности индивидуальной работы с каждым учеником.

Система Moodle также имеет интуитивно понятный интерфейс, который прост в освоении и использовании. С помощью данной системы можно проводить занятия в онлайн формате, что особенно актуально для программ, который реализуются посредством дистанционного обучения. Для быстрого обмена информацией между учениками и учителями система Moodle имеет множество инструментов, таких как: форумы, блоги, чаты, тесты и многие другие. Однако система, при работе с большими группами учащихся, может иметь проблемы с производительностью.

Заключение

Представленные способы взаимодействия вуза с психолого-педагогическими классами школ являются эффективными в комбинации и позволяют непрерывно поддерживать связь с абитуриентами и помогают им определиться с выбором профессии в педагогической области деятельности. Таким образом, такое взаимодействие выгодно для всех участников образовательного процесса школ и вуза, что делает его важным и полезным для образовательной системы в целом.

Список литературы

1. Вакансии на должность «учитель» по всей России [Электронный ресурс] : база вакансий. – Режим доступа : <https://goo.su/sH22o8O>
2. Олейников, А. А. Дефицит молодых специалистов в сфере образования / А. А. Олейников, А. С. Пенькова // Science Time. – 2016. – № 12(36). – С. 474-478.
3. Профильные психолого-педагогические классы [Электронный ресурс] : Министерство просвещения Российской Федерации. – Режим доступа : <https://apkpro.ru/profilnye-psikhologo-pedagogicheskie-klassy/>

4. Яппарова, Д. И. Проблемы привлечения абитуриентов в высшие учебные заведения / Д. И. Яппарова // Московский экономический журнал. – 2019. – № 3. – С. 77.

5. Работа профильных психолого-педагогических классов в 2023-2024 учебном году [Электронный ресурс] : социальная сеть. – Режим доступа : <https://goo.su/B6Yt1bZ>

6. Прохоров, А. В. Современные подходы к профессиональной ориентации школьников / А. В. Прохоров // Вестник Тамбовского университета. Сер. Гуманитарные науки. – 2022. – Т. 27. – № 2. – С. 319-328.

7. Мельникова, М. А. Организация и проведение профориентационной работы / М. А. Мельникова, А. А. Васильев // Среднее профессиональное образование. – 2021. – № 12(316). – С. 37-39.

8. Центр дополнительного образования ШФ ИвГУ [Электронный ресурс] : сайт вуза. – Режим доступа : <http://sspu.ru/pages/cdo/index.html>

Секция 7
Переход на
профессиональные
стандарты: требования к
IT-компетенциям

Вузовская педагогическая лаборатория цифровой геймификации

А. А. Баргуль, email: tan-bokova@yandex.ru

С. А. Зайцева, email: Z_A_S_@rambler.ru

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

***Аннотация.** Одной из значимых направлений развития образовательных технологий можно считать геймификацию. Современная образовательная геймификация имеет ярко выраженную тенденцию к цифровизации. По инициативе студентов и кафедры Математики информатики и методики обучения Шуйского филиала ИвГУ стартовал проект «Вузовской педагогической лаборатории цифровой геймификации». В рамках данной статьи описаны направления реализации деятельности лаборатории и планируемые цифровые инструменты, которые предстоит освоить студентам для реализации идей цифровой образовательной геймификации на практике.*

***Ключевые слова:** профессиональный стандарт, вуз, будущие педагоги, начальное образование, геймификация, цифровые технологии, педагогическая лаборатория.*

Введение

Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере начального общего, основного общего, среднего общего образования) (учитель)» содержит перечень трудовых функций учителя, необходимых для качественного выполнения трудовых обязанностей. В современной системе образования особое внимание уделяют ИТ-компетенциям педагогических работников.

Вузовская педагогическая лаборатория цифровой геймификации

Так в структуре требований к трудовым функциям учителя по программам начального общего образования (уровень квалификации – б) среди профессиональных задач на основе типовых схем и шаблонов, задач в нестандартных условиях и педагогического проектирования программ начального общего образования наряду с общепрофессиональными компетенциями можно выделить следующие необходимые трудовые функции, умения и знания, связанные с ИКТ-компетенциями [1]:

– «Осуществлять обучение и воспитание обучающихся с учетом их психолого-физиологических особенностей и специфики преподаваемого предмета, способствовать формированию общей культуры личности, социализации, осознанного выбора и освоения образовательных программ, используя разнообразные формы, приемы, методы и средства обучения, в том числе по индивидуальным учебным планам, ускоренным курсам в рамках государственных образовательных стандартов, современные образовательные технологии, включая информационные, а также цифровые образовательные ресурсы.

– Обоснованно выбирать программы и учебно-методическое обеспечение, включая цифровые образовательные ресурсы.

– Проводить учебные занятия, опираясь на достижения в области педагогической и психологической наук, возрастной психологии и школьной гигиены, а также современных информационных технологий и методик обучения.

– Осваивать и применять современные психолого-педагогические технологии, основанные на знании законов развития личности и поведения в реальной и виртуальной среде.»

На базе Шуйского филиала Ивановского Государственного Университета реализуется основная профессиональная образовательная программа «Начальное образование» (далее – ОП) по направлению подготовки 44.03.01. Результаты освоения ОП определяются приобретаемыми обучающимися компетенциями, отраженными в перечне формируемых компетенций выпускника (п. 3.1. ОП), среди которых также уделено внимание ИТ-компетенции [2]:

1. В структуре общепрофессиональных компетенций:

– ОПК-2.3. Осуществление отбора педагогических и других технологий, в том числе информационно-коммуникационных, используемых при разработке основных и дополнительных образовательных программ и их элементов.

– ОПК-5.1. Осуществление выбора содержания, методов, приемов организации контроля и оценки, в том числе ИКТ, в соответствии с установленными требованиями к образовательным результатам обучающихся.

– ОПК-9.1. Знает современные информационные технологии и программные средства, необходимые для решения задач профессиональной деятельности.

– ОПК-9.2. Умеет выбирать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности.

– ОПК-9.3. Имеет навыки применения современных информационных технологий и программных средств при решении задач профессиональной деятельности.

2. В структуре профессиональных компетенций, определяемых образовательной организацией:

– ПК-1.2. Осуществляет отбор предметного содержания, методов, приемов и технологий, в том числе информационных, обучения, организационных форм учебных занятий, средств диагностики в соответствии с планируемыми результатами обучения.

– ПК-3.1. Готов использовать в работе с детьми цифровые образовательные ресурсы, информационные образовательные технологии, в том числе ресурсы дистанционного обучения.

– ПК-3.2. Обнаруживает способность оказывать помощь детям в освоении и самостоятельном использовании ими цифровых образовательных ресурсов по предметной области.

Педагогическая деятельность учителя начальных классов является специфичной с точки зрения подхода к обучению вследствие возрастных особенностей обучающихся. В начальной школе у учеников формируются основные элементы основной в этом возрасте деятельности – учебной, однако в это же время сохраняет свою актуальность и ведущая деятельность дошкольного периода – игровая [3].

Исходя из этого учитель начальных классов с одной стороны – играющий человек (способный добровольно включиться в игровую деятельность и получить от этого удовольствие), с другой – умеющий вовлекать обучающихся в образовательную деятельность посредством игры. Игровая деятельность помогает ребенку плавно входить в новую социальную роль – школьника.

Дидактическая игра является ценным средством воспитания умственной активности, вызывает у учащихся интерес к процессу познания. Дидактическая игра помогает сделать любой учебный материал увлекательным, вызывает у учеников удовлетворение от процесса познавательной деятельности, создаёт оптимистичное настроение у школьников и, как следствие, – облегчает процесс усвоения ими знаний и умений [4].

Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере начального общего, основного общего, среднего общего образования) (учитель)» включает в себя ряд значимых требований к профессиональной деятельности учителя, связанные с игровой деятельностью. Педагог должен быть готов и способен к следующим видам деятельности [1]:

– реализации современных, в том числе интерактивных, форм и методов воспитательной работы, используя их как на занятии, так и во внеурочной деятельности;

– организации различных видов внеурочной деятельности: игровой, учебно-исследовательской, художественно-продуктивной, культурно-досуговой с учетом возможностей образовательной организации, места жительства и историко-культурного своеобразия региона;

– реализации воспитательных возможностей различных видов деятельности ребенка (учебной, игровой, трудовой, спортивной, художественной.)

– проведению учебных занятий, опираясь на достижения в области педагогической и психологической наук, возрастной психологии и школьной гигиены, а также современных информационных технологий и методик обучения, в том числе игровых;

– постановке различных видов учебных задач (учебно-познавательных, учебно-практических, учебно-игровых) и организации их решение (в индивидуальной или групповой форме) в соответствии с уровнем познавательного и личностного развития детей младшего возраста, сохраняя при этом баланс предметной и метапредметной составляющей их содержания.

Понятие «игра», зародившееся с древнейших времен, претерпело множество переосмыслений в процессе развития общества. Если до появления компьютерных технологий «игра» представляла собой определенный вид деятельности, свойственной ребенку, свободное действие, связывающее реальность и воображение [5].

В современности, тесно пронизанной компьютерными технологиями, игровая деятельность зачастую завязана на их использовании.

Современная игровая деятельность в образовании также имеет ярко выраженную тенденцию цифровизации: подходы игровых информационных технологий – применения обучающих компьютерных игр [6]; применение VR и AR-технологий [7]; применение геймификации [8]. Кроме того, это обуславливается и социальным заказом – в современном обществе ученикам необходимо прививать не только традиционные знания, но ИКТ-компетенции [9].

Одной из выраженных тенденций игровых технологий в образовании за последние десятилетия стала геймификация в связи с тем, что она позволяет вносить игровые механики в областях, которые не связаны с игрой [10].

Студенческая инициатива и инициатива кафедры Математики информатики и методики обучения (далее МИиМО) зародили идею создания на базе вуза «Вузовской педагогической лаборатории цифровой геймификации». Направлением деятельности лаборатории будет являться подготовка студентов – будущих учителей начальных классов к использованию цифровых инструментов геймификации в профессиональной деятельности в соответствии с новыми требованиями профессионального стандарта.

Реализация деятельности лаборатории будет проходить по следующим направлениям:

1. Разработка, утверждение и экспертиза образовательной программы профессиональной переподготовки «Цифровая геймификация в образовании». Разработка методического сопровождения образовательной программы.

2. Прохождение студентами – будущими учителями начальных классов программы профессиональной переподготовки «Цифровая геймификация в образовании» на базе Центра дополнительного образования вуза.

3. Создание участниками профессиональной переподготовки цифрового портфолио авторских образовательных ресурсов.

4. Включение будущих педагогов в работу школьных сообществ области, базирующихся на базе университета: центр досуга и развития «Дети в университете», региональная студенческая лаборатория «Семейная робототехника»; объединение профессиональной ориентации школьников «Педагогические субботы».

5. Внедрение студентами идей цифровой геймификации в школьное образование путем апробации авторских разработок во время прохождения производственных практик на базе муниципальных образовательных организаций.

6. Включение преподавателей вуза и студентов магистратуры образовательной программы «Информационные технологии в профессиональной деятельности педагога» в методические объединения школ с целью популяризации идеи геймификации образовательного процесса.

Наряду с общедидактическими вопросами мы планируем познакомить обучающихся с такими цифровыми ресурсами для геймификации образовательного процесса, как: Learning Apps, Quizizz, Genially, Habitica, ClassCraft, Joyteka, Interactly, Archy Learning, Prodigly.

Заключение

Цифровизация все глубже проникает во все сферы образования, что приводит к необходимости расширения и развития различных аспектов

ИКТ-компетенций у будущих педагогов. В связи с актуальностью направления исследования, инициативой студентов и кафедры математики, информатики и методики обучения Шуйского филиала ИвГУ в 2024 г. нами запланировано начало реализации проекта «Цифровая геймификация в образовании», который направлен на развитие и популяризацию идеи геймификации, как средства профессионального роста студентов вуза и развития у них ИКТ-компетенций в соответствии с современными требованиями профессионального стандарта и ФГОС НОО.

Список литературы

1. Проект Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог (педагогическая деятельность в сфере начального общего, основного общего, среднего общего образования) (учитель)» (подготовлен Минтрудом России 31.01.2022) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56809182/>
2. Основная профессиональная образовательная программа «Начальное образование» по направлению 44.03.01 Педагогическое образование [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : http://sspu.ru/pdf/pages/edu/perechen-op/oop/opor-44.03.01-оfo-zfo-ponach-bak-19-23_v20231102112446.pdf
3. Герасименко, М. А. Использование дидактической игры в процессе обучения младших школьников / А. А. Герасименко, И. Н. Шаблия // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. – 2012. – № 7. – С. 59-64.
4. Рудакова, С. А. Использование игровых технологий в период обучения в начальной школе / С. А. Рудакова // Проблемы педагогики. – 2019. – № 5(44). – С. 19-21.
5. Васильев А. А. Термин «компьютерная игра»: опыт междисциплинарного анализа / А. А. Васильев, Ю. В. Печатнова // Пролог: журнал о праве. 2021. – № 2. – С. 131-138.
6. Шишарина, Е. В. Игровые информационные технологии в процессе обучения / Е. В. Шишарина, А. Н. Норкина // Финансовая безопасность. Современное состояние и перспективы развития : Материалы VIII Международной научно-практической конференции Международного сетевого института в сфере ПОД/ФТ, Москва, 14–15 декабря 2022 года. Том 1. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2022. – С. 207-215.
7. Григорьева, Т. И. Дополненная реальность в образовании / Т. И. Григорьева, А. А. Потапов, О. И. Пронина // Виртуальная реальность современного образования: идеи, результаты, оценки : Материалы

международной Интернет-конференции, Москва, 08–11 октября 2018 года / Под общей редакцией М.Е. Вайндорф-Сысоевой. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2019. – С. 32-37.

8. Инновационные подходы в образовании: тенденции и передовой опыт / И. В. Буренина, Е. А. Быль, Р. Ф. Карачурина [и др.] // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2021. – № 4(38). – С. 132-140. – DOI 10.17122/2541-8904-2021-4-38-132-140.

9. Бондарь, А. В. Инновационные образовательные технологии в системе постиндустриального общества / А. В. Бондарь, Н. А. Жебентяева, А. П. Чуракова // Цифровая трансформация образования : Электронный сборник тезисов докладов 1-й научно-практической конференции, Минск, 30 мая 2018 года. – Минск: Учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь», 2018. – С. 30-32.

10. Степанов, В. Г. Геймификация как механизм повышения эффективности обучения / В. Г. Степанов, Е. А. Колесник // Инновационная экономика и менеджмент: методы и технологии : сборник статей участников VI Международной научно-практической конференции, Москва, 26–27 октября 2021 года. – Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография), 2021. – С. 318-322.

Зачем будущих учителей начальных классов обучать программированию?

И. А. Бураков, email: lisovfox2002@gmail.com

С. А. Зайцева, email: Z_A_S_@rambler.ru

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

***Аннотация.** Несмотря на то, что в содержание образовательной программы подготовки будущих учителей начальных классов не входят вопросы, связанные с освоением программирования, многие студенты видят это направление, интересным и значимым для своей будущей профессиональной деятельности. Введение факультативного курса «Разработка компьютерных и мобильных игр в образовательной сфере» нацеливает всех желающих студентов – будущих педагогов начальных классов на изучение основ программирования в контексте разработки обучающих игр для школьников. В результате освоения курса студенты приобретут навыки программирования на языке C#, научатся создавать и проектировать компьютерные и мобильные игры на движке Unity, откроют новые дидактические возможности программирования и апробируют авторские разработки в педагогической практике.*

***Ключевые слова:** вуз, будущие педагоги, начальное образование, программирование, факультатив, мобильные обучающие игры.*

Введение

На базе Шуйского филиала Ивановского Государственного Университета реализуется основная профессиональная образовательная программа «Начальное образование» (далее – ОП) по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование [4]. Учебный план по данной программе содержит в себе такие дисциплины, относящиеся к информационным технологиям и информатике, как:

- ИКТ и медиаинформационная грамотность
- Дистанционные технологии в образовательном процессе школы
- Мультимедиа технологии в образовании
- Электронная школа XXI века

Однако, стоит заметить, что в содержание ни одной из этих дисциплин не входят вопросы связанные с освоением программирования. Несмотря на этот факт, многие студенты этого

направления видят IT-сферу перспективной, интересной, а также, что наиболее важно, значимой в педагогической сфере. Данное утверждение доказывает проведенный нами опрос среди студентов ШФ ИвГУ.

Основная часть

Некоторые из студентов – будущих учителей начальных классов начинали изучение информатики еще в начальной школе и у них сформировано убеждение о том, что данная наука развивает алгоритмическое и логическое мышление обучающихся и представляется значимой и перспективной для начального образования.

В современной методике математики для начальной школы выделяется значимая содержательная линия алгоритмизации: описание последовательности действий; циклические и условные операции; построение блок–схем; действие по заданному алгоритму. Полученные базовые знания в области алгоритмизации могут служить фундаментом для освоения заинтересованными школьниками основ программирования.

Согласно профессиональному стандарту педагога, учитель начальных классов должен быть готов к исполнению ряда трудовых функций, одна из которых «формирование навыков, связанных с использованием информационно-коммуникационных технологий в познавательной и творческой деятельности обучающихся в соответствии с их индивидуальными потребностями» [5].

Таким образом, если у кого-то из обучающихся начальных классов появляется потребность и желание творчески и технологически развить алгоритмическую линию математики, то учитель начальных классов должен быть готов к педагогическому сопровождению реализации данной потребности – открыть двери школьникам в мир программирования.

В педагогической литературе методические и организационные вопросы обучения программированию неотъемлемо связаны с образовательным процессом будущих учителей информатики и IT-специалистов. Это отражается в специфике их профессиональной деятельности: одни готовятся к преподаванию раздела программирования в школьной информатике, у других же – программирование выступает ведущим видом будущей трудовой деятельности [2].

Программирование можно рассматривать в качестве средства для формирования цифровых компетенций у студентов педагогических направлений различных профилей, в том числе и гуманитарных вследствие того, что программирование способствует развитию логического и нестандартного мышления, креативности и

аналитических навыков. Кроме того, обучение программированию также помогает учиться решать проблемы и развивать коммуникационные навыки. Многие школы и университеты внедряют программирование в свои учебные планы, чтобы подготовить молодежь к современному рынку труда, где программисты востребованы во многих отраслях [1].

Наряду с этим, следует отметить, что в образовательной практике существуют успешный опыт получения студентами образовательной программы «Начальное образование» дополнительной специальности по направлению «Информатика», включающей курс программирования и компьютерного моделирования [6].

Исходя из того, что содержание образовательной программы «Начальное образование» не предусматривает обучение студентов программированию – с одной стороны; целесообразностью данной подготовки и наличием желания значительной части студентов освоить основы программирования и методику обучения программированию младших школьников – с другой стороны, кафедрой математики, информатики и методики обучения принято решение о введении в учебные планы подготовки будущих учителей начальных классов факультативного курса по основам программирования.

Содержание факультатива должно отражать специфику профессиональной деятельности учителя начальных классов и иметь практическую направленность, с тем чтобы готовые авторские разработки студентов имели реальную сферу применения.

Название факультативного курса «Разработка компьютерных и мобильных игр в образовательной сфере» нацеливает всех желающих студентов – будущих педагогов начальных классов на изучение основ программирования в контексте разработки обучающих игр для школьников.

Сущность игровой деятельности учеников начальной школы состоит в том, что при решении интеллектуальных заданий, предложенных им в креативной форме, они сами находят результат, справляясь при этом с заданными целями. Это объясняется тем, что дети воспринимают учебную задачу в такой форме, как игровую, что ускоряет их мыслительную деятельность [7].

Учитывая то, что информационно-коммуникационные технологии рассматриваются как важнейший компонент общего образования, а также то, что в начальной школе происходит постепенная смена ведущего вида деятельности с игровой на учебную, необходимо максимально задействовать возможности ИКТ-технологий в процессе организации обучающих игр [4].

Таким образом совмещение ИКТ-технологий и обучающих игр инициирует появление и распространение компьютерных и мобильных игр в образовательной сфере.

Обучение в данном курсе будет построено с использованием среды разработки Visual Studio 2022. Данная среда разработки предназначена для создания многофункциональных приложений, написания и редактирования блоков кода. Visual Studio 2022 отлично подходит для обучения в связи с простотой использования и доступностью. Кроме того, планируется использовать игровой движок Unity, для создания и проектирования компьютерных и мобильных игр, которые в свою очередь будут написаны на языке программирования C#. Данный язык выбран в следствии того, что он является универсальным, поддерживается игровым движком Unity и является весьма востребованным в текущее время.

В структуру учебной программы будут включены такие тематические разделы как:

- введение в C#: язык C# и платформа .NET; первая программа на C# с .NET CLI; начало работы с Visual Studio; первая программа;
- основы программирования на C#: структура программы; переменные и константы; литералы; типы данных; консольный ввод-вывод; арифметические операции; поразрядные операции; операции присваивания; преобразования базовых типов данных; условные выражения; циклы; массивы; задачи с массивами; методы; параметры методов; возвращение значения и оператор return; передача параметров; выходные параметры; локальные функции; конструкция switch; перечисления enum; конструкция if..else и тернарная операция;
- классы структуры и пространства имен: классы и объекты; конструкторы, инициализаторы, деконструкторы; область видимости; модификаторы доступа; свойства;
- объектно-ориентированное программирование: наследование; преобразование типов; обобщенные типы;
- коллекции: список List<T>; IEnumerable и IEnumerator;
- работа с JSON: сериализация в JSON.

Заключение

В результате освоения курса студенты приобретут навыки программирования на языке C#, научатся создавать и проектировать компьютерные и мобильные игры на движке Unity, откроют новые дидактические возможности программирования и апробируют авторские разработки в педагогической практике.

Список литературы

1. Основная профессиональная образовательная программа «Начальное образование» по направлению 44.03.01 Педагогическое образование [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : http://sspu.ru/pdf/pages/edu/perechen-op/oop/opor-44.03.01-оfo-zfo-ро-nach-bak-19-23_v20231102112446.pdf
2. Проект Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог (педагогическая деятельность в сфере начального общего, основного общего, среднего общего образования) (учитель)» (подготовлен Минтрудом России 31.01.2022) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56809182/>
3. Гафуанов, Я. Ю. Формирование профессиональной ИКТ-компетентности при обучении программированию будущих учителей информатики и IT-специалистов / Я. Ю. Гафуанов, Г. Б. Поднебесова // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2020. – № 455. С. 175-182.
4. Бураков, И. А. Актуальность и возможность обучения будущих учителей начальных классов программированию посредством разработки компьютерных игр // Материалы XVI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2024/article/2018035837?ysclid=lrqlq0usk37245754>
5. Храмова, М. В. Об опыте подготовки будущих учителей начальных классов по дополнительной специальности «информатика» / М. В. Храмова, Н. А. Александрова // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. – 2012. – Т. 1. – № 19. – С. 85-89.
6. Юнусова, Э. А. Роль игровой деятельности в развитии познавательных интересов у младших школьников / Э. А. Юнусова, А. М. Яева // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – № 78-2. – С. 335-337.
7. Очиров, Г. Д. Информационные технологии как средство развития познавательного интереса младших школьников // Педагогический журнал. – 2019. – Т. 9. – № 1А. – С. 13-19. – DOI: 10.34670/AR.2019.44.1.023

Требования к IT-компетенциям учителя математики

Т. О. Калинина, email: kalinina-t-o@yandex.ru¹
С. О. Добрикова, email: dobrikova-s-o@yandex.ru²
Т. В. Вострикова, email: vostrickova.t@yandex.ru¹
С. Ю. Пенькова, email: penkova.mat@gmail.com¹

¹ МБОУ лицей № 15 г. Воронеж

² МБОУ СОШ № 74 г. Воронеж

***Аннотация.** В данной работе представлены существенные IT-компетенции учителя математики, необходимые для проведения уроков, составления аналитических отчетов в профессиональной и во внеурочной деятельности. Обозначены существенные аспекты эффективного использования ИКТ-технологий в образовательном процессе.*

***Ключевые слова:** IT-компетенции, учитель математики, анализ письменных работ, возможности электронной таблицы Excel.*

Введение

Результат развития и информатизации современного общества привел к необходимости создания новой модели системы образования, базирующейся на использовании современных информационно-коммуникационных технологий. Факт существования информационно-образовательной среды образовательной организации есть законодательно закреплённая норма, обозначенная в государственных образовательных стандартах нового поколения [1]. В настоящее время представлено многообразие программ, электронных пособий, электронных ресурсов, каталогов, спланированных для учителей и учителями. Несметное число курсов повышения квалификации и переподготовки по информационным технологиям рекламируют свои услуги. Образовательные учреждения укомплектованы новым оборудованием (компьютеры, проекторы, интерактивные доски). Необходимо признать, что включение ИКТ в профессиональную деятельность педагогов стало неотвратимым. Мастерство учителя - синтез умений, включающих в себя предметно-методическую, психолого-педагогическую и IT-составляющие. В научно-педагогической литературе множество работ посвящено уточнению понятий "компетенция" и "компетентность". Компетенция - включает совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений,

навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов и необходимых для качественной продуктивной деятельности по отношению к ним [2].

IT-компетенции учителя математики

Рассмотрим суть становления и развития IT - компетенции учителя математики. Определенными результатами освоения IT-умений, как следует из утвержденных ФГОС [1], выступает «активное использование средств информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) для решения коммуникативных и познавательных задач; использование различных способов поиска, сбора, обработки, анализа, организации, передачи и интерпретации информации в соответствии с коммуникативными и познавательными задачами и технологиями учебного предмета; в том числе умение вводить текст с помощью клавиатуры» [1]. Профессиональный стандарт учителя математики помимо предметных и метапредметных компетенций содержит требования к IT-компетенциям педагога, причем эта компетентность состоит из нескольких частей и содержит общепользовательскую ИКТ-компетентность, общепедагогическую ИКТ-компетентность и предметно-педагогическую ИКТ-компетентность. Профессиональная IT-компетенция учителя математики – это желание и умение грамотно действовать в соответствии с требованиями дела, методически организованно и самостоятельно решать задачи и проблемы, а также проводить оценку и самоанализ результатов своей работы.

Общепользовательская ИКТ-компетентность подразумевает владение основами аппаратного и программного обеспечения компьютера как инструмента работы в современном информационном пространстве; умение использовать аппаратное и программное обеспечение компьютера для работы с текстовой, числовой, графической, звуковой и видеoinформацией. Общепользовательская ИКТ-компетентность необходима педагогу для работы с текстовым редактором Word, электронной таблицей Excel, электронной почтой и мультимедийным оснащением.

Общепедагогическая ИКТ-компетентность предполагает владение приемами работы в цифровом образовательном пространстве; опыт создания и использования в своей профессиональной деятельности цифровых образовательных контентов, а также внедрение прикладных программ, локальных и глобальных компьютерных сетей для планирования и реализации уроков математики. А также, умение применять различные программные средства для обучения, контроля и диагностики образовательных результатов учащихся. Помимо этого,

учителю математики необходимо владение навыками создания и применения баз данных с целью решения общепедагогических задач. Следует отметить, что общепедагогическая ИКТ-компетентность важна при проведении уроков с использованием современных информационных технологий, а также для ведения электронных форм документации, в том числе электронного журнала и дневников обучающихся.

Предметно-педагогическая ИКТ-компетентность определяет практику принципов электронных образовательных технологий, дистанционного обучения, основ и составляющих информационно-образовательной среды образовательной организации. Наряду с вышеперечисленным нужно исследовать возможности современных инновационных технологий для достижения образовательных результатов, планировать образовательный процесс на основе методически обоснованного использования электронных образовательных ресурсов. А также практиковать проведение анализа средств ИКТ с точки зрения требований образовательного процесса, привлекать программное обеспечение, оценивать перспективы его использования с учётом решаемых предметно-педагогических задач. Помимо этого, скомплектовать информационное взаимодействие со всеми участниками образовательного процесса с применением ИКТ-средств. Предметно-педагогическая ИКТ-компетентность необходима учителю математики для реализации программ основного и среднего общего образования, а именно для создания у учеников навыка использования средств ИКТ при решении задач и примеров; для взаимодействия с детьми посредством ресурсов дистанционного обучения [3]. Первоочередной задачей по формированию предметно-педагогической ИКТ-компетентности учителя математики является развитие навыков использования ИКТ при решении математических задач.

Отдельным пунктом необходимо выделить составление различных видов отчетности педагогом как в процессе преподавания предмета математика, например, при подготовке к государственной итоговой аттестации в форме независимого тестирования (ЕГЭ и ОГЭ), так и в роли классного руководителя. Помимо этого, участие в различных мероприятиях, конкурсах, методической работе, наставничество для демонстрации опыта, вовлечение в различные комиссии по проверке в качестве эксперта, предполагает задействование не только техники, но и программного обеспечения к ней. При составлении отчетной документации педагога-предметника и классного руководителя моим неизменным помощником является электронная таблица Excel. Именно

с ее возможностями конструирование графиков, диаграмм, схем и таблиц становится делом не дней и часов, а минут. Особое место там занимают ведомости динамики и протоколы различных проверочных работ, а также сведения в табличной форме, которые нужно составить в короткие сроки в простой и понятной форме. Решить эти задачи помогают формулы и функции, диаграммы и графики программы [4]. При умелом подходе можно сформировать шаблоны и применять их при анализе любых диагностик и тренингов. Знание о существовании таких функций Excel, как к примеру разделение текста по столбцам, дает существенную экономию времени. Возьмем разделение фамилии, имени и отчества, записанных в одну ячейку, и разобьем их на отдельные столбцы. Для этого нет нужды писать сложные формулы, достаточно зайти на закладку «Данные» и выбрать кнопку «Разбить текст по столбцам». Далее в появившемся диалоговом окне надо выбрать разделитель, можно использовать готовый образец, и нужный формат данных. Затем разделение на столбцы случится само волшебным образом.

Однако существуют ситуации, когда применение шаблона не рационально. Например, потеря данных в электронном виде. Например, список личных дел с именами, адресами и телефонами, который остался в распечатанном виде. Тогда возможно применить онлайн конвертацию отсканированного текста формата PDF в документ WORD. Для этого как вариант в строке поиска любого браузера следует ввести свой запрос и перейти по ссылке (рис. 1). После чего следует перейти по одной из ссылок и в диалоговом окне выбрать загрузку отсканированного документа. Необходимо помнить, что не все символы будут верно транспортированы в формат DOC, так что перед тем как отправлять свой отчет, нужно все пересмотреть и исправить. И лишь после этого сохранить.

Заключение

Укоренение современных компьютерных технологий в образовательном процессе насытило учебно-воспитательный процесс яркими красками, предоставило много возможностей для нарастания ИТ-компетенции учителя. Грамотное использование оборудования и программного обеспечения напрямую зависит от нашего профессионализма. Включение ИКТ в образовательный процесс создает положительную мотивацию и психологический комфорт, способствуя развитию умений и навыков, экономит время на подготовку уроков.

Главным условием подготовки ИКТ-компетентных учеников является высокий уровень ИКТ-компетентности самих учителей.

Каждый преподаватель использует на уроке наглядный материал. С компьютером это сделать намного проще. Компьютер заставляет по-иному взглянуть на многие учебные традиции. Например, домашнее задание. Иногда я задаю составить презентацию задачи. Это реально, с учетом возможностей современных компьютерных средств. Учащемуся приходится не только решить задачу, но и составить презентацию, а это способствует более глубокому погружению в «проблему». Не зависимо от степени подготовленности учащихся каждому приходится пройти путь обработки знаний по математике и информатике.

Использование компьютера на уроках математики показал, что происходит более качественное запоминание учебного материала, даже самые слабые ученики участвуют в процессе изучения нового, отработке изученного. Сформированная методическая база является хорошим помощником для подготовки и проведения уроков.

Следует отметить, что результаты обучающихся неотвратимо повысятся благодаря использованию ИКТ, они будут больше интересоваться тем, что происходит на уроке, активнее работать и лучше запоминать материал.

Введение стандартов нового поколения – это сложная и ответственная работа, и, безусловно, очень интересная. Именно обновленные ФГОС [1] должны обусловить достижение нового качества в образовании.

Список литературы

1. Приказы Министерства просвещения Российской Федерации об утверждении федеральных государственных образовательных стандартов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://edsoo.ru/normativnye-dokumenty/>
2. Норимова, Г. А. К трактовке терминов «компетенция» и «компетентность» / Г. А. Норимова, Ш. Р. Абдуразакова // Молодой ученый, 2013. – № 11. – С. 689-691.
3. Генне, О. В. Дистанционное обучение – новый шаг в развитии системы образований [Текст] / О. В. Генне // Защита информации. Конфидент. – 2004. – № 3. – С. 36-39.
4. Алиев, В. Excel 2010. Проще простого! // В. Алиев. – М.: Питер. – 2020. – 144 с.

Ключевые компетенции для обучения в течение всей жизни в контексте компетенций и компетентностей в области информационных технологий

В. С. Попов, email: popov_vlad@mail.ru ^{1,2}

Л. А. Абросимова-Романова, email: larrar@yandex.ru ¹

¹ Тверской государственный университет

² Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Объектом исследования в данной работе является модель Key Competences for Lifelong Learning. Ключевые компетенции и компетентности рассмотрены в контексте средств информационно-коммуникационных технологий, компетенций и компетентностей в области новых технологий. Приведена классификация основных факторов необходимости внедрения компетентностно-ориентированного подхода в образовании на основе Рекомендации Key Competences for Lifelong Learning, отражены существенные свойства компетентностного подхода в образовании, отмеченные разработчиками модели, а также терминологический аспект. Рассмотрено изменение ключевых компетенций модели разных поколений и соотношение ключевых компетенций с компетенциями и компетентностью в области информационных технологий. Для развития модели Key Competences for Lifelong Learning авторами предложена сквозная тема (интегрирующий элемент) информационных технологий, приведено обоснование её введения в существующий перечень сквозных тем.*

Ключевые слова: *компетенции, компетентность, competence, ключевые компетенции, key competences, обучение на протяжении всей жизни, lifelong learning.*

Введение

Компетентностно-ориентированные модели обучения получают всё более широкое распространение во всём мире [1]. В данной статье рассматривается европейская модель ключевых компетенций для обучения на протяжении всей жизни (англ. Key Competences for Lifelong Learning) [2, 3] в контексте компетенций и компетентностей в области информационных технологий, рассматриваемых в рамках секции «Переход на профессиональные стандарты: требования к ИТ-

компетенциям» Международной научно-практической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии». Рассмотренная в данной работе модель ключевых компетенций Key Competences for Lifelong Learning является одной из широко используемых и известных моделей компетенций и компетентностей.

1. Актуальность компетентно-ориентированного подхода

Необходимость Рекомендации о ключевых компетенциях для обучения на протяжении всей жизни была обоснована [4] следующими факторами:

– Индивидуальными и социальными: определены компетенции, необходимые для самореализации и саморазвития, трудоустройства, социальной интеграции, активной гражданской позиции. Рост мобильности, культурного разнообразия, новые формы общения и отношений меняют способы организации общества, которое в значительной степени полагается на высококомпетентных людей.

– Трансформационными: внимание к компетенциям в образовании вызвано экономическими, технологическими, демографическими, глобализационными изменениями, а также изменениями на рынке труда, процессами формирования и развития общества знаний и постиндустриального общества. При этом стремительные изменения претерпевает не только контекст, но и сами потребности в компетентности.

– Экономическими: постулируется экономическое и социальное неравенство, в то время как равный доступ к высококачественному компетентно-ориентированному образованию рассматривается как средство их преодоления и перераспределения богатства в обществе.

– Правовыми: каждый имеет право на качественное и инклюзивное образование, обучение на протяжении всей жизни, чтобы поддерживать и приобретать навыки, позволяющие в полной мере участвовать в жизни общества и успешно управлять переходными процессами на рынке труда, поддерживать социальную сплочённость. Рекомендация подчёркивает необходимость дополнительной поддержки людей с недостатками образования ввиду личных, социальных, культурных или экономических обстоятельств.

– Климатическими: изменения климата, осознание и внимание к ограниченности экологических ресурсов привели к появлению новой климатической повестки и актуального климатического дискурса, изменяющих современное образование.

В противоречие с вышеизложенными причинами вступают данные PISA ОЭСР: как минимум каждый пятый ученик школы недостаточно владеет чтением, математикой, естественными науками, некоторые

исследования выявили недостаточное владение цифровыми компетенциями [4] даже в среде Digital Natives – цифровых аборигенов – людей, родившихся после цифровой революции и привыкших получать информацию через современные цифровые каналы связи.

Авторы Рекомендации Key Competences for Lifelong Learning рассматривают компетентностно-ориентированное обучение в качестве способа решения указанного противоречия, способного обеспечить качественное образование в стремительно изменяющемся мире, в котором база знаний стремительно увеличивается и нужные навыки необходимо передавать и развивать в течение всей жизни во многих социальных контекстах, существующих сегодня и будущих.

2. Некоторые свойства компетентностно-ориентированного подхода

Авторы Рекомендации Key Competences for Lifelong Learning выделяют следующие свойства компетентностного подхода в образовании [4]:

- Компетентностный подход в образовании является сдвигом образовательной парадигмы.

- Компетентностный подход оказывает влияние как на структуру учебных программ, так и на организацию обучения.

- Компетентностно-ориентированный подход требует междисциплинарных подходов, интерактивности обучения, сочетания формального и неформального обучения, большего сотрудничества со всеми участниками образовательного процесса, включая местное сообщество, изменение роли учителя, новых подходов к оцениванию результата.

3. Об используемых терминах и терминологической путанице

Следует отметить неоднозначность перевода английских терминов «competence», «key competences», «lifelong learning» на русский язык.

Как отмечает И. И. Ганчеренок, семантически различающиеся понятия «компетенции» и «компетентность» в русскоязычной литературе зачастую трактуются одним термином «competence» в англоязычных источниках [5, с. 23]. В данной статье различия между понятиями компетенций и компетентности также не выделяются намеренно. Под компетенциями и компетентностью в данной статье понимается совокупность знаний, навыков и деятельностных установок, мобилизуемых в определённом контексте для эффективной деятельности субъекта: «компетенции включают в себя не только знания и понимание, но также способность их применения (навыки) и

мышление, с которым учащийся подходит к решению задачи (отношение)» [4, с. 4].

В рассматриваемой модели Key Competences for Lifelong Learning используются следующие соглашения относительно ключевых составляющих competences (компетенций/компетентностей) [4, с. 7]:

– Знания – факты и образы, концепции, идеи и теории, которые являются общепризнанными и поддерживают понимание определённой области или предмета.

– Навыки – возможность и способность выполнять процессы и использовать имеющиеся знания для достижения результатов.

– Отношения – склонность и образ мышления действовать или реагировать на идеи, людей или ситуации определённым образом. В модели Key Competences for Lifelong Learning отношения также включают ценности, суждения и убеждения.

Термин «key competences» также может быть переведён на русский язык несколькими способами: «key competences» могут быть ключевыми, универсальными, сквозными, основными.

Третий обсуждаемый термин – «lifelong learning» – также имеет несколько допустимых аналогов в русском языке, самым устоявшимся, но не самым удачным из которых является «обучение в течение всей жизни». Англоязычная дихотомия «to teach» («учить») / «to learn» (учиться) [1, с. 10] показывает не самый удачный консенсус вокруг данного перевода: «обучение» отражает воздействующий, субъект-объектный характер образовательных отношений, в то время как «учение» подчёркивает переход к субъект-субъектной модели, активное вовлечение самого ученика в педагогический процесс, абсолютно необходимое в современной жизни становление субъектности того, кто учится. Также более допустимым является применение термина «образование».

Все вышеприведённые терминологические различия создают «хаос переводов и толкований ключевых понятий» в области компетенций и компетентности [1, с. 10]. Хотя уменьшение описанной энтропии языковой системы является задачей настоящих [1, 5] и будущих работ в области образования, авторы сочли необходимым подчеркнуть описанные терминологические проблемы.

4. Ключевые компетенции модели Key Competences for Lifelong Learning

Вопрос выделения и классификации ключевых компетенций и компетентностей остаётся открытым и широко дискутируемым в научном сообществе и педагогической среде [6, 7]. В различных моделях компетенций/компетентности выделяют различные ключевые

компетенции/компетентности. Одной из последних широко известных работ в этой области является доклад «Универсальные компетентности и новая грамотность: от лозунгов к реальности» [1], в котором были выделены три ключевые (универсальные) компетентности: компетентность познания (мышления), компетентность взаимодействия с другими людьми, компетентность взаимодействия с собой (управление собой). В модели Key Competences for Lifelong Learning [2-4] выделяется восемь ключевых компетенций, показанных в Табл. 1. В данной модели отмечено, что все приведённые ключевые компетенции/компетентности равнозначны, одинаково важны, ни одна из перечисленных компетенций/компетентностей не является главной или второстепенной. Иллюстрация ключевых компетенций/компетентностей модели приведена на рис. 1 [4].

Таблица 1

Ключевые компетенции модели Key Competences for Lifelong Learning

Название ключевой компетенции по Рекомендации 2006 года [2]	Название ключевой компетенции по Рекомендации 2018 года [3]
Communication in the mother tongue Коммуникация на родном языке	Literacy Competence Компетенция/компетентность «Грамотность»
Communication in foreign languages Коммуникация на иностранных языках	Multilingual competence Многоязычная компетенция/компетентность
Mathematical competence and basic competences in science and technology Математическая компетенция/компетентность и базовые компетенции/компетентности в науке и технологиях	Mathematical competence and competence in science, technology and engineering Математическая компетенция/компетентность и компетенции/компетентности в науке, технологиях и инженерии
Digital competence Цифровая компетенция/компетентность	Digital competence Цифровая компетенция/компетентность

Название ключевой компетенции по Рекомендации 2006 года [2]	Название ключевой компетенции по Рекомендации 2018 года [3]
Learning to learn Учиться учиться, обучение обучению, умение учиться	Personal, social and learning to learn competence Персональная, социальная компетенция/компетентность, компетенция/компетентность в области умения учиться
Social and civic competences Социальные и гражданские компетенции/компетентности	Citizenship competence Гражданская компетенция/компетентность
Sense of initiative and entrepreneurship Чувство инициативы и предприимчивости	Entrepreneurship competence Предпринимательская компетенция/компетентность
Cultural awareness and expression Культурная осведомлённость и самовыражение	Cultural awareness and expression competence Компетенция/компетентность в области культурной осведомлённости и самовыражения

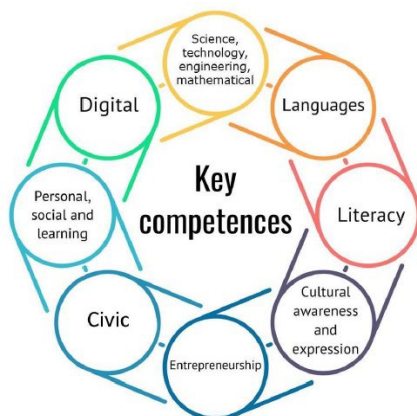


Рис. 1. Ключевые компетенции/компетентности модели Key Competences for Lifelong Learning

5. Взаимосвязь ключевых компетенций и сферы информационных технологий

Все перечисленные ключевые компетенции/компетентности модели Key Competences for Lifelong Learning объединены «сквозными темами» («transversal themes») [4, с. 7]: критическое мышление, креативность, инициативность, решение проблем, оценка рисков, принятие решений, конструктивное управление. В качестве возможной дополнительной сквозной темы или отдельной компетенции/компетентности некоторыми экспертами были предложены устойчивость и устойчивое развитие. Авторы данной статьи полагают, что *будет полезным рассмотрение информационных технологий не только как отдельной составляющей цифровой компетенции/компетентности, но также как ещё одной сквозной темы (или интегрирующего элемента) для всех существующих восьми ключевых компетенций/компетентностей модели Key Competences for Lifelong Learning.* Таблица 2, составленная авторами статьи, демонстрирует взаимосвязь ключевых компетенций/компетентностей с информационными технологиями.

Таблица 2

Взаимосвязь ключевых компетенций модели Key Competences for Lifelong Learning и информационных технологий

Название ключевой компетенции по Рекомендации 2018 года	Информационные технологии и действия с ними
Literacy Competence Компетенция/компетентность «Грамотность»	Текстовый редактор, текстовый процессор, система проверки правописания, электронные словари (ударений, терминов, сокращений и пр.), системы мгновенного обмена сообщениями и мессенджеры; обмен текстовыми и голосовыми сообщениями, видеосвязь, телефония, включая процессы аналого-цифрового преобразования, человеко-машинного взаимодействия, кодирования, передачи и хранения данных

Название ключевой компетенции по Рекомендации 2018 года	Информационные технологии и действия с ними
Multilingual competence Многоязычная компетенция/компетентность	Электронный словарь, электронный переводчик, образовательное приложение, система проверки правописания
Mathematical competence and competence in science, technology and engineering Математическая компетенция/компетентность и компетенции/компетентности в науке, технологиях и инженерии	Образовательные приложения, математические программные пакеты, системы символьных вычислений и компьютерной алгебры, системы автоматизированного проектирования
Digital competence Цифровая компетенция/компетентность	Включает все аспекты информационных технологий
Personal, social and learning to learn competence Персональная, социальная компетенция/компетентность, компетенция/компетентность в области умения учиться	Социальные сети, персональные и виртуальные цифровые помощники (personal and virtual digital assistant), сервисы персонального планирования, образовательные приложения, видеохостинг и видеоинструкции, электронные образовательные ресурсы, МООС
Citizenship competence Гражданская компетенция/компетентность	Электронное правительство (цифровое правительство, e-Government), государственные услуги в электронном виде, электронный документооборот
Entrepreneurship competence Предпринимательская компетенция/компетентность	Приложения для бизнеса, сайты и сервисы для бизнеса, онлайн-доступ к финансам и финансовым инструментам, онлайн-бизнес, онлайн-маркетинг
Cultural awareness and expression competence Компетенция/компетентность в области культурной осведомлённости и самовыражения	Виртуальные музеи, виртуальные экскурсии, интернет-культура, приложения для создания изображений и музыки

Указанные информационные технологии и действия с ними поддерживают соответствующие ключевые компетенции, при этом в каждом случае важным является выработка высокого уровня навыков

эффективного использования информационных технологий. В Таблице 2 отражены лишь основные информационные технологии, поддерживающие каждую из ключевых компетенций/компетентностей, приведённые информационные технологии не являются избыточными. Более подробное рассмотрение соответствия ключевых компетенций/компетентностей и информационных технологий является темой дальнейших исследований.

Среди рассмотренных информационных технологий и действий с ними одни являются специфичными для конкретной ключевой компетенции/компетентности, в то время как другие информационные технологии проявляют свойство универсальности, являясь необходимыми для развития каждой из рассмотренных ключевых компетенций/компетентностей: действия с информацией (получение, обработка, хранение, передача), человеко-машинное взаимодействие, работа с цифровой информацией, представленной в разных формах, коммуникация и коллаборация в сети Интернет, эффективное использование онлайн-ресурсов.

Заключение

В статье рассмотрены модель Key Competences for Lifelong Learning, её ключевые компетенции/компетентности, обоснование актуальности и свойства компетентностно-ориентированного подхода, реальность семантики основной терминологии, имеющая место для новых педагогических понятий «competence», «key competences», «lifelong learning». Предложено и приведено обоснование поддерживающих все ключевые компетенции/компетентности информационных технологий как новой сквозной темы (интегрирующего элемента) модели Key Competences for Lifelong Learning. Показаны специфичные и универсальные информационные технологии в контексте ключевых компетенций.

Взаимовлияние информационных технологий, компетентностно-ориентированного подхода в образовании, стремительной цифровой трансформации общества является крайне актуальной и многогранной темой для дальнейших научных поисков в данной междисциплинарной области исследований с позиций подходов и методов информатики, компьютерных наук, педагогики, цифровой гуманитаристики и других научных дисциплин.

Список литературы

1. Универсальные компетентности и новая грамотность: от лозунгов к реальности / под ред. М. С. Добряковой, И. Д. Фрумина ; при участии К. А. Баранникова, Н. Зиила, Дж. Мосс, И. М. Реморенко, Я.

Хаутамяки ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. – 472 с.

2. Recommendation of the EP and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning / Official Journal of the EU, L 394, 30.12.2006. – 9 p.

3. Recommendation of the EP and of the Council of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning / Official Journal of the EU, C 189, 4.6.2018. – 13 p.

4. Commission Staff Working Document Accompanying the document Proposal for a Council Recommendation on Key Competences for LifeLong Learning / EC. – SWD/2018/014 final – 2018/08 (NLE). – 103 p.

5. Ганчеренок, И. И. Креативность как интегрирующий элемент для ключевых компетенций «образования через всю жизнь» // Университетское управление: практика и анализ. – 2009. – № 5. – С. 22-28.

6. Зимняя, И. А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Эксперимент и инновации в школе. – 2009. – №. 2. – С. 7-14.

7. Ершова, Т. В., Зива, С. В. Ключевые компетенции для цифровой экономики // Информационное общество. – 2018. – №. 3. – С. 4-20.

Содержание

Пленарные доклады

Матвеев М. Г., Алейникова Н. А., Громковский А. А., Коротков В. В. Принятие решений в организационных системах с выбором пар на двудольном графе..... 4

Секция 1. Методы и технологии разработки программных систем

Авсеева О. В., Гаврилов А. М. Применение генетических алгоритмов для решения двухкритериальной задачи маршрутизации транспорта с ограничением по вместимости 23

Авсеева О. В., Гаврилов И. М. Структуры пространственной индексация данных, управляемые из пространства 31

Борисов А. Д. Алгоритм отбора наиболее значимых моделей лица на основе деформационных градиентов..... 39

Валеев В. И., Тарасов В. С. Анализ рынков NFT и NFT игр..... 44

Введенский А. А., Лысачев П. С. Реализация многопоточности с помощью Unity Job System в рамках фреймворка LeoECSLite 49

Владимиров И. С., Тарасов В. С. Исследование алгоритмов классификации для распознавания эмоций человека по изображениям 56

Дорохов Д. И., Тарасов В. С. Метод Виолы-Джонса и сверточные нейронные сети в контексте распознавания лиц..... 67

Красов И. А., Попов В. С., Видьманов Д. А. Правило трёх сигм в поиске и анализе арбитражных ситуаций на рынке криптовалюты: реализация в MATLAB и 1С..... 73

Кропачев А. Н., Тарасов В. С. Проектирование метода реализации поведенческой модели компьютера-оппонента при помощи состязательных сетей..... 78

Михайлов Е. М., Михайлова Е. Е. Алгоритм планирования переноса однотипных объектов между контейнерами с временными ограничениями..... 83

Михайлюк Е. А., Воронежская Е. С. Обоснование создания приложения для планирования маршрутов в сфере туризма..... 88

Мишин П. С., Чекмарёв А. И. Исследование популярных движков для создания мобильной игры с использованием элементов геймификации обучения	93
Половинкин М. В. Построение модального регулятора для звена чистого запаздывания	99
Савинков А. Ю. Универсальный драйвер шагового электродвигателя для микроконтроллера	111
Сидоров Д. С. MailSig – Валидация почт для №406-ФЗ по NSзаписям домена	128
Ступак Д. Р. Разработка подхода многоступенчатой обработки данных с использованием аспектно-ориентированного программирования	132
Шмойлов Д. И., Тарасов В. С. Обработка сетевых запросов с помощью Combine в рамках задачи реализации финансового трекера	139

Секция 2. Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Адамовский Е. Р., Богущ Р. П., Чертков В. М. Исследование эффективности LSTM нейронных сетей для прогнозирования занятости канальных ресурсов на основе данных карты радиосреды когнитивной системы связи	148
Аль-Хамами О. Х. Я., Алексеев В. В. Анализ возможности использования цифрового двойника и глубоких нейронных сетей для поддержки принятия решения при диагностике сердечно-сосудистой системы	154
Андриянова И. Н., Закусилов В. П. Использование ГИС-технологий для региональной медико-географической оценки экологических рисков	164
Ахмедов Д. Д., Убайдуллаев М. Ш., Насруллаев П. А. Простая лагранжева модель распространения частиц примеси в атмосфере	173
Батенков К. А., Катков О. Н., Козленко А. В. Анализ оперативных норм параметров ошибок цифровых трактов синхронных транспортных модулей	184

Богословский А. В., Евсеев А. В., Разиньков С. Н., Разинькова О. Э. Имитационно-аналитическая модель радиотехнической аппаратуры добывания сведений о радиоэлектронной обстановке ..	190
Борисов Д. Н., Семечев Д. А. Автоматизация проектирования антенн для управления беспилотных летательных аппаратов.....	198
Булгин Д. В., Лашманов Д. Д., Черемушкин С. С. Методика применения комплексной метеорологической информации при обеспечении полетов государственной авиации	205
Буховец А. Г., Семин Е. А. Представление винеровского процесса рандомизированными системами итерированных функций.....	210
Вещеулова С. В., Разиньков С. Н., Вещеулов А. В. Принципы построения и основы моделирования систем электроснабжения воздушных судов.....	215
Деркачев А. И., Молодых Д. А. Модель оптимизации и комплексного использования способов.....	222
Дорофеев В. В., Насонов А. А., Голунов А. С., Базанов В. С. Модель расчета дальности обнаружения малоразмерных объектов при выполнении поисково-спасательных работ.....	226
Дорофеев В. В., Степанов А. В., Насонов А. А., Подгузов М. Ю. Модель расчета горизонтальной полетной дальности видимости шаров-маркеров линий электропередач при визуальных полетах на предельно малых высотах.....	147
Драбо А. И., Пигарев А. Е., Корсаков Р. М. Проверка гипотезы о соответствии распределения яркости изображения(облачности нормальному закону	240
Дубровина О. В. Информационное моделирование процесса адаптации автоматизированной обучающей системы к потребностям незрячего пользователя	248
Евсеев А. В. Синтез антенных систем мобильных радиотехнических комплексов добывания сведений о радиоэлектронной обстановке	257
Жигулин В. А. Разработка модели цифрового радиопеленгатора на базе алгоритма Бартлетта по методу совмещенного программно-аппаратного моделирования на ПЛИС	261

Захаров А. С., Тютин И. В., Мацеевич С. В. Моделирование деструктивных процессов при работе активных фазированных антенных решеток с перспективой учета процессов в ионосфере	272
Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д. А., Манин В. А. Оценка выявляемости расслоений в многослойных диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытиях методом поверхностных электромагнитных волн путем имитационного моделирования	277
Кашеваров Р. О., Рябов А. В. Алгоритм снижения электромагнитной доступности элементов адаптивных сетей авиационной радиосвязи.....	285
Кирносов А. С. Методика учета климатических характеристик при прокладке нефтегазопроводов на примере города Пугачев Саратовской области	293
Кирносов С. Л., Шапошников М. И., Бадьгин А. Э. Определение параметров устойчивости метеорологических динамических систем	300
Кныш М. В., Разиньков С. Н. Аналитическая модель радиолокационного поля системы мониторинга воздушного пространства	305
Козирацкий Ю. Л., Паринов М. Л., Петренков С. В. Использование численных методов в интересах оценки структуры фронта электромагнитной волны при реализации фазовых способов пеленгования	310
Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Коноркин А. Р. Компьютерная модель оценки живучести радиоэлектронной системы в условиях естественных деструктивных воздействий.....	319
Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Петренков Е. В. Компьютерная модель измерителя времени запаздывания сейсмического сигнала на основе использования корреляционного метода пассивной локации	327
Козирацкий Ю. Л., Хильченко Р. Г. Методика оценки суммарной ошибки определения точки приземления планирующего воздушного объекта на размерную площадку при использовании локальной автономной навигационной системы	336

Козирацкий Ю. Л., Хильченко Р. Г., Шмаров Н. А. Вероятностная модель строгого конфликта двух систем с заданным числом активных элементов на основе полумарковского представления динамики их численности в направлении требуемых исходов	346
Костылева Л. Н., Мозиков Б. В., Кот А. Е. Моделирование и обоснование размеров санитарно-защитной зоны проектируемого предприятия	360
Крутских В. В. Алгебры Ли: алгоритмы программной обработки информации.....	365
Курбонов Н. М. Моделирование фильтрации газа в пористой среде с учетом массообмена через боковые границы области	371
Лобода А. В., Атанов А. В., Албугкина П. Е. Об алгоритмах описания однородных подмногообразий многомерных пространств ...	380
Лопаткин Д. В., Бондарев В. Г., Кабиров И. Р., Титов Д. Е., Чернышов М. А. Разработка конструкции и системы управления сверхманевренного конвертоплана	392
Мартыашкин А. Б. Модели приведения атмосферного давления к уровню моря.....	399
Маслобойщиков А. Н., Веремьев Н. А. Модель предварительного прогнозирования метеорологических условий образования опасных явлений погоды.....	404
Матвеев Д. А., Шпаковский Н. Ю., Ткачев А. С., Колосов Е. Д. Модель цифрового корреляционного приемника	411
Мионов С. А., Букирёв А. С., Савченко А. Ю. Анализ применения искусственного интеллекта в диагностировании и резервировании информационно-преобразующих элементов бортового оборудования воздушных судов.....	418
Можей Н. П. Изучение вещественных и комплексных алгебр Ли с применением пакетов аналитических вычислений	428
Монгуш Д. С., Бондарев В. Г., Кабиров И. Р., Лопаткин Д. В. Исследование погрешности дискретизации системы технического зрения	433
Ножкин В. С., Курлюков К. К., Семенов М. Е., Самсонов А. В. Имитационная модель распознавания заглубленных объектов в условиях динамически меняющегося влаго содержания почвы.....	442

Пауков Н. В., Савинков А. Ю. Разработка программно-аппаратного стенда для измерения характеристик сигнала в сетях Zigbee.....	450
Переселков С. А., Кузькин В. М., Рыбняц П. В. Моделирование модовой голографии в мелководном волноводе с нерегулярной батиметрией	457
Переселков С. А., Кузькин В. М., Рыбняц П. В., Ладыкин Н. В. Компьютерная модель адаптивной голографической обработки сигналов в океаническом волноводе при наличии внутренних волн	461
Пихтелев М. И., Рябов А. В. Алгоритм оценки показателей электромагнитной доступности средств авиационной радиосвязи.....	466
Попов В. В., Михалев Н. В. Моделирование работы средства измерения количества осадков и высоты снежного покрова.....	473
Попов В. В., Прокофьев М. Д. Диагноз вертикального профиля ветра с использованием гидродинамических зависимостей.....	479
Разиньков С. Н., Борисов Д. Н., Богословский А. В. Снижение статической электризации беспилотных летательных аппаратов с радиопоглощающим покрытием.....	484
Сидляр М. Ю., Ковалева О. А., Ковалев С. В. Агентное моделирование развития эпидемии COVID-19.....	494
Соловьев А. В. Прогнозирование параметров ветра на основе графоаналитического моделирования.....	504
Соломатин Д. И., Артемов М. А., Бабкина Ю. Н., Меджидов Р. Г. Математическое и компьютерное моделирование термоупругопластического состояния полого шара.....	510
Таштемирова Н. Н., Набиева И. С. Модель исследования и прогнозирования вредных веществ в атмосфере.....	521
Тищенко А. И., Беспалов С. В. Математическая модель оценки количества беспилотных летательных аппаратов, необходимых для решения задач воздушной разведки.....	529
Толкачев А. В., Курлюков К. К. Механическая модель турбулентного движения.....	538
Ульшин И. И., Фатеев А. С. Исследование влияния репрезентативности исходных данных на успешность метеорологических прогнозов.....	542

Хидирова М. Б., Абдурахманова С. Б. Метод моделирования интеллектуальных регуляторов для мехатронных систем с учетом запаздываний.....	548
Хильченко Р. Г. Способ координатометрии планирующего воздушного объекта в рамках автономной навигационной системы и основные пути его реализации	553
Холматова И. И., Равшанов Н. Математическое моделирование фильтрационно-конвективных и диффузионных процессов подземного выщелачивания	566
Чернышов М. А., Бондарев В. Г., Кабиров И. Р., Лопаткин Д. В., Титов Д. Е. Разработка программного обеспечения для бинокулярной системы технического зрения	574
Шатских В. В., Свиридов М. А., Терехов Д. В., Андреев П. И., Толстошеин Н. С., Меньщиков П. А., Семенов В. Р. Анализ эффективности применения информационных технологий в учебно-тренировочных средствах	579
Шувакин Е. В., Балакин В. С., Шипко Ю. В., Колычев О. В. Программный комплекс автоматизированного расчета авиационно-климатических показателей облачности	585

Секция 3. Технологии обработки и защиты информации

Балакирев Н. Е., Фадеев М. М. Данные и их информационное содержание на примере потока звуковых волн	592
Бережнов Н. И., Сирота А. А. Влияние априорной информации на механизм внимания в задаче улучшения качества изображений в моделях-трансформерах.....	602
Будников С. А., Коваленко С. М., Суховерхов А. С. Подход к оценке эффективности систем безопасности объектов критической информационной инфраструктуры	610
Бурдюг П. С., Акимов А. В. Оценка эффективности использования модуля внимания для решения задачи описания изображений с помощью специализированных метрик	619
Бутрин А. В., Феофилов С. В. Подходы к использованию искусственных нейронных сетей в задачах автоматического управления.....	629

Гладкова К. Н., Демяненко Я. М. Анализ проблемы выбора датасета для обучения модели распознавания позы человека в сфере тренировок по йоге	639
Гордеев А. В., Душкин А. В. Анализ защищенности информационных ресурсов организаций с использованием инструментов, находящихся в открытом доступе	646
Денисова Д. А., Гаршина В. В. Навигация погрузчиков в логистике с использованием мультиагентного обучения с подкреплением.....	656
Дроговоз В. А. Научный базис в задачах исследования требований и обеспечения интероперабельности информационно-управляющих систем с учетом информационной безопасности	665
Дрюченко М. А., Дешин Н. В. Разработка математического и программного обеспечения для автоматизации распознавания типа тары по фотографическим изображениям	675
Евстафиев А. Ф., Евстафиев Ф. А. Потенциальные возможности приемников распознавания широкополосных сигналов.....	687
Зюзин А. А., Швырева А. В. Адаптация текстовых записей в социальной сети Вконтакте с использованием моделей нейронных сетей для переноса текста в мессенджер Telegram.....	695
Каладзе В. А., Косинов Е. Э. Экспертная система для оркестровки базовой темы музыкальной пьесы.....	703
Капкин К. А., Акимов А. В. Подготовка данных для обучения алгоритма градиентного бустинга в задаче предсказания результатов футбольных матчей	710
Коваленко А. С., Демяненко Я. М. Подготовка набора данных для обучения шумоподавляющей нейронной сети с аппроксимацией чистых изображений	718
Коваль А. С. Изучение и оценка производительности IDS-IPS решений	728
Колпаков Н. С., Иванков А. Ю. Разработка кроссплатформенного приложения для обнаружения признаков информации ограниченного доступа	733
Кошелев Е. В. Живучесть распределённых информационных систем	742

Лушников Н. Д., Исмагилова А. С., Валеев С. С. Комплексная система биометрической аутентификации личности с применением адаптивного фильтра Калмана	750
Отырба Р. Р., Сирота А. А. Исследование декодирующих глубоких нейронных сетей в моделях семантической сегментации.....	758
Попело В. Д., Кулешов П. Е., Проскурин Д. К. Различение оптико-электронных средств как отдельных целей на дискретизированных оптико-локационных изображениях в присутствии шумов	768
Самойлов Н. К., Положенцев А. А. Детекция границ объектов на изображении.....	775
Селиверстов Н. А., Иванков А. Ю. Анализ алгоритмов глубокого обучения для решения задачи разделения аудиосигнала.....	785
Толстых М. Ю., Печкайтите Й. Цифровое средство защиты результатов интеллектуальной деятельности.....	794
Тюрнев Д. И., Павлов П. В., Сухачев Н. В. Использование архитектуры YOLOv8 в системах спекл-лазерной диагностики элементов остекления кабин самолетов.....	801
Фадеев М. М., Балакирев Н. Е., Родионов В. С., Сергеев И. С., Умрюхин Е. А. Количественная и качественная фрагментация потока данных.....	807
Фурсова А. В., Яковлев А. В., Волчихина М. В. Влияние параметров светопрозрачных поверхностей на акустооптический канал утечки информации	814
Цыбульская А. С., Тарасов В. С. Экстраполяция изображения с объектами на переднем плане	821

Секция 4. Информационные системы и базы данных

Борисенков Д. В. Ролевой доступ в реляционных СУБД	830
Борисова А. А. Использование онтологии и баз данных в сфере трудового права	835
Зверев К. А., Воронина И. Е., Чупандина Е. Е. Онкологическая информационная платформа: сбор, анализ и прогнозирование стадии рака	841

Кадиев Ш. К. Формализация дополнительных признаков в рамках применения метода прецедентов при разработке СППР для реагирования на дорожно-транспортные происшествия	846
Кирпичева А. В., Матвеева М. В. Проектирование приложения по изучению китайского языка.....	850
Клименко Ю. А., Преображенский А. П. Алгоритм анализа кривой провисания провода воздушной линии электропередачи.....	858
Курзина О. С., Попов В. С. Интеграция 1С-Битрикс, MySQL и Django: оптимизация веб-проектов	865
Лаптев С. Г., Раханов К. Я. Система управления гостиничным сервисом	870
Медведева Я. А., Матвеева М. В. Разработка программы заполнения хранилища в Oracle Cloud	877
Олейников А. О., Максименко А. М. Разработка системы управления мобильным роботом на базе всенаправленных колес	883
Прокопенко А. С. О перспективах применения интеллектуальных транспортных систем для управления работой флота	888
Селюкова Д. А. Информатика: проблемы, методы, технологии.....	896
Скрылева В. И., Матвеева М. В. Сравнительный анализ СУБД Oracle и Greenplum.....	901
Толбухин Н. С. Исследование информационно-аналитических систем для оценки инвестиционной привлекательности объектов коммерческой недвижимости.....	909
Яриков С. В., Макачук Т. А., Попадюк И. Ф. Особенности построения хранилища данных DWH для компаний на облачной платформе	918

Секция 5. Прикладное моделирование и E-business

Matveev M. G., Sirota E. A. Analysis to approaches to modeling non-stationary time series.....	924
Автономова Т. С. Интеграция RPA и Copilot в Битрикс24: оптимизация бизнес-процессов и повышение производительности.....	934

Андреев Д. Г., Сайко Д. С., Титов С. А., Никитин Б. Е. Решение уравнения теплопроводности применительно к ИК-нагреву влагодержающих материалов.....	941
Арапов Д. В., Чукунов С. В., Борог В. Н. Математическое моделирование процесса приготовления жидкого сахара.....	949
Бабкина Е. А., Копытина Е. А. Разработка системы генерации документов государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности для отдела защиты интеллектуальной собственности Воронежского государственного университета	957
Байрамов О. Б. О роли страхования в микрофинансировании.....	963
Бордюжа Е. О., Копытина Е. А. Разработка системы для автоматизации генерации шаблонов документов учебных практик факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета	969
Быков М. Н., Копытина Е. А. Разработка системы аутсорсинга краткосрочных работ на предприятиях	975
Воскобович Д. Р. Process Mining обзор в области производства и логистики.....	981
Данилин М. А., Юрченко С. П., Дьяков Д. В. Методика оценки ошибочных действий операторов средств связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации.....	988
Евдокимова С. А., Вострикова А. А. Особенности автоматизации склада на базе WMS.....	993
Евдокимова С. А., Новикова Т. П. Об использовании графических нотаций моделирования в процессе проектирования информационных систем	998
Ерешко Ф. И. Вычислительный инструментарий в задачах принятия решений.....	1004
Зацаринный А. А., Колин К. К. Цифровая трансформация общества и социогуманитарные проблемы изучения информатики в науке и образовании.....	1017
Зацаринный А. А., Шабанов А. П. Об интеллектуальной поддержке наукоёмких производств	1026

Илларионов И. В., Бубнов Д. А. Автоматические контрольные процедуры в SAP S/4 HANA	1031
Илларионов И. В., Кравченко И. С. Модернизация системы корпоративного тайм-менеджмента в процессах разработки ПО на базе SAP	1042
Илларионов И. В., Солодовникова Д. С. Контроль автоматического закрытия счетов бухучета в SAP S/4 HANA	1055
Ковалев В. И., Башлыков С. Н. Методика моделирования работы системы управления с учетом влияния гидрометеорологических условий	1066
Кульба В. В., Меденников В. И. Оценки комплементарности влияния человеческого капитала, сформированного на базе образовательных и научных организаций, на региональное развитие России.....	1072
Лоскутова А. Е., Матвеев М. Г. Новый подход к оценке качества реализации образовательных программ	1081
Макарчук Т. А. Роботизация задач с наборами данных в решениях бизнес-аналитики	1092
Матвеев М. Г., Рудаков Е. В. Применение цепей Маркова с нечеткими состояниями для оценки и прогнозирования среднего чека	1099
Меденников В. И. Единая цифровая платформа управления сельскохозяйственным производством как основа математической модели оптимизации структуры севооборотов.....	1106
Меньших В. В., Лихобабина А. В. Модель определения состава курсов обучения по нескольким направлениям	1116
Наумова И. Д., Копытина Е. А. Разработка программного продукта для автоматизации формирования отчетных документов аналитика Центрального Федерального Округа компании ООО «Партнер».....	1123
Пустовалов А. А., Копытина Е. А. Разработка системы управления контентом на базе телеграм-бота для малого бизнеса	1128
Рыжов И. Г. Анализ параметров информационных потоков, характеризующих качество управления маркетинговой информационной системой	1133

Солодовникова Я. В., Копытина Е. А. Разработка веб-приложения для проведения экспертизы на проекте Воронежского Государственного Университета «Лига инноваций»..... 1139

Шмелев М. А. Формализация поведения потребителей с нечеткими требованиями..... 1144

Секция 6. Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска

Авдеенко А. М., Гаврилюк Е. В., Сатин А. П. Поддержка принятия управленческих решений на основе нейросетевых классификаторов текстов..... 1156

Бирюкова Е. В., Воронина И. Е. Тематическое моделирование как метод моделирования нарратива..... 1162

Воронина И. Е., Пастревич М. К. Вербальная агрессия в неструктурированных текстах: модель для классификации 1167

Ганиев С. К., Хамидов Ш. Ж. Эффективный подход к предварительной обработке данных для классификации писем электронной почты..... 1171

Гриф М. Г., Королькова О. О. Разработка тематического учебного портала русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг лицам с ограниченными возможностями здоровья по слуху..... 1177

Козулин Н. Д., Полицын С. А. Расширение возможностей комплекса автоматизированной проверки работ по программированию путем применения поисковых сервисов и языковых моделей на базе искусственного интеллекта..... 1184

Кретов А. А., Ермаков С. А. Парадигматический анализ в рамках исследования исторической лексикологии русского языка..... 1193

Масленникова С. С., Коротков В. В. Оценка времени на исправление дефекта с помощью векторного поиска..... 1199

Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Дудко О. Ю. Конвергенция киберкогнитивных систем и технологий..... 1205

Оганисян В. А. Определение объема активной лексики индивида (на материале «Полного собрания сочинений» В. И. Ленина 1212

Пименов В. И., Шахова А. С., Пименов И. В. Система компьютерного зрения для распознавания языка жестов.....	1220
Полицына Е. В., Полицын С. А., Поречный А. С., Рыкунов А. Н. Обзор новых возможностей фреймворка TAWT для работы с текстами на русском языке	1226
Сергеев А. С. Анализ возможностей автоматизации процесса подготовки программной документации.....	1237
Сычев А. В. Тематическая кластеризация коллекции коротких текстовых сообщений на основе метода Word2Vec.....	1245
Федотов А. А., Волкова А. А., Федотова З. К. Генеративный ИИ: переосмысление традиционных подходов в управлении знаниями	1252
Хоменко П. А., Гаршина В. В. Формирование базы знаний о технологии проведения химических реакций с использованием информации из неструктурированных PDF-файлов	1259
Худобин А. Д., Воронина И. Е. TF-IDF, Bag-of-words, Word2Vec и N-граммы для решения задачи классификации слухов в новостях.....	1268
Чересов П. А. Проектирование инструмента управления потоком задач для системы автоматического анализа текстов.....	1278
Экерт Н. А., Воронина И. Е. Разработка программного обеспечения для анализа графа связей слов	1288

Секция 7. Суперкомпьютерные вычисления и BigData. Квантовые информационные системы

Боева А. В., Клиньских А. Ф. Осцилляции запутанности в двухкубитовых системах.....	1297
Михалев Д. А. Параллелизм средствами стандартной библиотеки Java	1303
Смирнов А. К., Самойлов Н. К. Использование технологии Worker для решения проблемы блокировки главного потока при выполнении кода на JavaScript.....	1309
Соловьев А. С. Использование сопрограмм на языке Kotlin для увеличения производительности приложения	1316
Шишко Ю. В., Соломагин Д. И. Генерация карты плотностей судходства с применением параллельных вычислений	1324

Секция 8. САПР и цифровые технологии

Анфёров М. А. Информационная поддержка принятия оптимальных решений при унификации объектов перепроектируемого производства.....	1331
Вишняк О. А., Тюкин М. В., Юров А. Н. Интеграция средств искусственного интеллекта в модули САПР на открытом геометрическом ядре	1339
Жерлицын Е. Э., Колотушкин И. П., Пак А. А. Создание NXOpen Wizard для различных версий Visual Studio.....	1346
Карева К. С., Батищев Н. А. Интеграция «Битрикс24.CRM» в информационную систему организации по вывозу мусора.....	1354
Крейсманн Е. В., Крейсманн К. В. Проблемы и направления развития технологий аналитики больших данных для принятия управленческих решений.....	1361
Леухин А. О., Власов И. В., Чижов М. И. Автоматизация разработки технологических приспособлений с использованием UG Open API	1367
Макарова М. И. Прикладное значение автоматизации документации и технологий параллельного проектирования	1374
Минаков А. В., Пушкарев Д. И., Пискунович В. А., Ромашко В. Д. Внедрение технологий больших данных и аналитических инструментов в современные системы, поддерживающие процесс принятия решений.....	1379
Попов А. В., Щербиновский Д. А., Носонов Н. А. Подсистема проектирования сборочных приспособлений.....	1386
Собенина О. В., Ожерельев А. И. Особенности реализации интерфейса для систем автоматизированного проектирования с использованием различных способов и инструментов на языках C# и C.....	1393

ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНФОРМАТИКА В ОБРАЗОВАНИИ»

Секция 1. Методика преподавания информатики

- Зуева И. Ю. Пробуждение интереса к теме подпрограмм в алгоритмизации и программировании..... 1401
- Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. О визуализации управляющих графов программ на основе их циклической структуры 1405
- Кулаков Ю. В. Конечный автомат для распознавания римских чисел и перевода их в десятичную систему счисления 1415
- Моисеева Н. А. Применение нейронных сетей для решения задач информационно-математического моделирования..... 1425

Секция 2. ЕГЭ по информатике

- Копалева Е. В. Смысловое чтение как средство развития познавательной активности при подготовке к итоговой аттестации ... 1432

Секция 3. Проектная технология обучения на основе ИКТ

- Гребенюк Е. Ф., Старикова Н. П. Использование ИКТ в процессе создания проектов по истории..... 1439
- Гречишников Н. А., Заболотских Е. В. ИКТ в проектной деятельности учащихся: обновленные ФГОС и мотивация к успеху . 1443

Секция 4. Компьютерное моделирование в образовании

- Абрамян Г. В. Принципы и модели интеллектуальных систем гормонального управления качеством образовательных процессов на основе нейротрансмиттерных интерфейсов биоцифровых платформ..... 1449
- Белов С. В., Бочарова Д. Е. Разработка и использование инструкционных карт для обеспечения результативности образовательного процесса при изучении 3D-моделирования в школе 1459
- Зайцева С. А., Филин А. С. 3D-технологии в сельских школах: перспективы, проблемы и пути решения 1469
- Иващенко Е. И., Богданова И. А., Аграновский И. Д. Внедрение технологий информационного моделирования в инженерное образование..... 1475

Ивлев А. Н. Оценка учебной графической конструкторской документации в курсе инженерной компьютерной графики.....	1480
Можей Н. П., Шинкевич Е. А. Использование различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование».....	1486
Пономарева Л. А., Федосеев А. И. Представление учебного процесса в терминах языка описания параллельных алгоритмов логического управления.....	1493
Пустовалова О. Г. Приемы построения геометрии областей в пакете FlexPDE.....	1498

Секция 5. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии

Абрамян Г. В. Методология цифрового образования: принципы капсулированного обучения информатике и ИТ в интеллектуальных средах мультимодальных трансформеров и виртуальных ассистентов в условиях биосоциоцифровой трансформации общества.....	1509
Асланова Г. Н., Сеферова З. А. Модель SAMR: цифровизация учебного процесса.....	1519
Беловолова Е. Е., Столярова М. О., Трошина Р. В. Цифровое домашнее задание по предметам социально-гуманитарного цикла....	1523
Бойко Н. Г. «История» как элемент предметной информационно-образовательной среды.....	1529
Валуйская О. А. Внедрение элементов электронного обучения при создании интерактивных заданий по предметам физико-математического цикла.....	1533
Волова О. Н. Дистанционное обучение: одиннадцать лет спустя.....	1538
Грачева В. С., Зайцева С. А. Опыт реализации технологии E-learning в учебно-образовательном процессе подготовки студентов в системе высшего профессионального образования (на примере преподавания ИКТ дисциплин.....	1542
Грищенко А. В., Усова А. О. Использование интерактивной доски при решении задач по физике.....	1551
Иванова О. В. Структурно-функциональная модель цифровой трансформации процесса обучения.....	1556

Измайлова А. М. Использование сервиса Дневник.ру в образовании	1563
Касьянов В. Н., Кламбоцкий К. А. О мобильных приложениях для самостоятельного изучения программирования школьниками.....	1567
Копалиани Л. Н. Верифицированный цифровой контент в предметном обучении.....	1577
Ряполов С. П., Толстобров А. П., Протасова И. В. Опыт использования системы прокторинга при проведении онлайн-учебных испытаний Воронежского государственного университета..	1581
Старикова М. Е. Использование сервиса Яндекс Телемост в образовательном процессе.....	1586
Ташматов А. Х. Преимущества запуска дистанционного инклюзивного образования в школах	1590

Секция 6. Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы

Зубаков А. Ф., Зубакова А. М. Образовательная робототехника как средство подготовки детей к школе	1596
Сосновиков Н. М., Иванов В. В. Информационные технологии взаимодействия вуза с психолого-педагогическими классами школ...	1604

Секция 7. Переход на профессиональные стандарты: требования к ИТ-компетенциям

Бартуль А. А., Зайцева С. А. Вузовская педагогическая лаборатория цифровой геймификации	1614
Бураков И. А., Зайцева С. А. Зачем будущих учителей начальных классов обучать программированию?.....	1621
Калинина Т. О., Добрикова С. О., Вострикова Т. В., Пенькова С. Ю. Требования к ИТ-компетенциям учителя математики	1626
Попов В. С., Абросимова-Романова Л. А. Ключевые компетенции для обучения в течение всей жизни в контексте компетенций и компетентностей в области информационных технологий.....	1631

Научное издание

Информатика: проблемы, методы, технологии

Материалы

XXIV Международной научно-практической конференции

Воронеж,
14-15 февраля 2024 г.

Под редакцией *Д. Н. Борисова*

Издано в авторской редакции