



ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ

БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ  
«СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ XXI ВЕКА**

*Материалы  
VII Национальной научно-практической  
студенческой конференции*

Сургут 2024

**УДК 001(063)**  
**ББК 72**  
**П 781**

**Проблемы и решения автоматизации XXI века** : сборник материалов VII Национальной научно-практической студенческой конференции, Сургут, 1-2 марта 2024 г. / отв. ред. А. А. Исаев ; Сургут. гос. ун-т. – Сургут : СурГУ , 2024. – 88 с.

В сборнике представлены материалы VII Национальной научно-практической студенческой конференции. Прагматика конференции определяется задачей формирования исследовательских коллабораций, как в рамках широкого спектра предметных областей – информационные технологии, искусственный интеллект, математическое моделирование и технологии обработки массивов данных, виртуальная реальность и интернет вещей, так и практике взаимодействия различных групп молодых ученых и студентов.

Издание предназначено для преподавателей, аспирантов и студентов, а также для всех, кого интересуют теоретические, методологические и прикладные проблемы автоматизации.

**Редакционная коллегия:**

К.И. Бушмелева, д-р техн. наук,  
Ф.Ф. Иванов, канд. техн. наук,  
С.А. Лысенкова, канд. физ.-мат. наук,  
Д.В. Тараканов, канд. техн. наук,  
А.С. Гордеев

**УДК 001(063)**  
**ББК 72**

© БУ ВО ХМАО-Югры  
«Сургутский государственный университет», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

*Секция I.*

*МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ*

*Смородинов А.Д.*

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ  
ЗАДАЧИ КОШИ С МНОЖЕСТВЕННЫМИ НАЧАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ** 5

*Чернокрылюк А.А.*

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭФФЕКТА  
ВЫТАЛКИВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ** 10

*Семенова В.О.*

**РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ  
РУССКОГО ДАКТИЛЬНОГО АЛФАВИТА** 15

*Сапожник К.В.*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ  
ЗНАЧИМОСТИ ДИСЦИПЛИН ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПЛАНА** 21

*Мансуров К.И.*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
«ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ СУРГУ»** 25

*Курочкин И.С.*

**ПРОТОТИП РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ** 30

*Тунян Э.Г., Сазиков Р.С.*

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ  
«ЕДРО МЕРОПРИЯТИЯ»** 35

*Хаматнуров Р.Ф.*

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СВЕРТКИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ  
В ИНВАРИАНТНЫЙ «ГЕНЕТИЧЕСКИЙ» КОД** 40

*Черных Д.С.*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ БОТАНИЧЕСКОГО САДА** 44

*Секция II.*

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ*

*Золотарева Н.С.*

**МНОГОРАЗРЯДНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ  
КАК ОБЛАСТЬ ПРИЛОЖЕНИЯ МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКИ** 48

<i>Шабанов Р.Р.</i> <b>ДУБЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ В SCADA-СИСТЕМАХ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ</b>	53
<i>Саятин П.А.</i> <b>МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «CANCERNEO – МОБИЛЬНЫЙ АССИСТЕНТ ПАЦИЕНТА»</b>	55
<i>Мионов Д.М.</i> <b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ</b>	61
<i>Жебель В.А.</i> <b>МЕТОД РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ДОСТОВЕРНОСТИ НА УРОВНЕ ЗАГОЛОВКОВ СЕГМЕНТОВ И ПАКЕТОВ</b>	66
<i>Газя Г.В., Газя Н.Ф.</i> <b>ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗНАЧИМЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК</b>	73
<i>Солозобов В.А.</i> <b>ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ В ПРЕДСКАЗАНИИ О ЗАВЕРШЕНИИ ПЕРИОДА ВОЗВРАТНЫХ ВЕСЕННИХ ЗАМОРОЗКОВ</b>	79
<i>Богоева А.В.</i> <b>RFM-АНАЛИЗ РАБОТЫ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ В СИСТЕМЕ LOGINOM</b>	85

*Секция I.*  
**МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ  
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ**

УДК 004.42

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ  
С МНОЖЕСТВЕННЫМИ НАЧАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ**

**Смородинов А.Д.,**  
*аспирант, инженер отдела биофизики и нейрокибернетики, Sad@office.niisi.tech*  
*Научный руководитель: Галкин В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ПМ,*  
*Сургутский государственный университет,*  
*Сургутский филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Статья посвящена разработке программного обеспечения, численно решающего задачу Коши и визуализирующего полученные решения. В качестве численного метода используется метод Рунги-Кутты 4-го порядка точности; описываются этапы разработки и применения программного продукта. Представлены результаты тестирования задачи.

**Ключевые слова:** задача Коши, численные методы, метод Рунги-Кутты

**FEATURES OF SOFTWARE DEVELOPMENT  
FOR SOLVING THE CAUCHY PROBLEM  
WITH MULTIPLE INITIAL CONDITIONS**

**Smorodinov A.D.,**  
*graduate student, engineer of the department of biophysics and neurocybernetics,*  
*Sad@office.niisi.tech*  
*Scientific supervisor: Galkin V.A., Doctor of Science. physics and mathematics Sciences,*  
*Professor of the Department of PM, Surgut State University,*  
*Surgut branch of the Federal Scientific Center NIISI RAS, Surgut, Russia*

**Annotation.** The article is devoted to the development of software that numerically solves the Cauchy problem and visualizes the resulting solutions. The Rungi-Kutta method of 4th order of accuracy is used as a numerical method. The article describes the main stages of development and application of the resulting software product. The results of testing the task using a test example are presented.

**Key words:** Cauchy problem, numerical methods, Rungi-Kutta method

**Введение.** Важной составляющей работы любого исследователя является визуализация полученных аналитических решений. Среди часто возникающих проблем исследователя – многократное моделирование решения одной и той же задачи с использованием различных начальных условий, разных значений констант, подбор шага по времени, количества начальных

точек в эксперименте, изменение критерия останова расчёта и т.д. На данный момент не существует программного обеспечения, которое позволяло бы полностью автоматизировать данный процесс и упростить работу исследователя, сведя к минимуму проблемы, связанные с подготовкой вычислительного эксперимента. В качестве программы, которая поможет исследователю автоматизировать процессы, связанные с многократным решением задачи Коши для разных начальных условий, сохранением и визуализацией полученного результата, предлагается следующее программное обеспечение (ПО), которое поможет существенно сократить время, проходящее между постановкой задачи и получением готовых визуализаций.

Для реализации указанного ПО было взято решение системы ДУ следующего вида:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = V(\vec{x}). \quad (1)$$

Для разрабатываемого программного обеспечения были поставлены следующие требования: быстродействие; переносимость (предусматривалось использование ПО на разных системах, а не только на системе осуществления разработки); а также возможности: сохранения результатов расчёта; повторения расчётов с получением аналогичных результатов; просмотра условий проведения расчёта без «изучения» исходного кода программного обеспечения; быстрой разработки и внедрения новых функций.

В качестве численного метода решения задачи Коши будет использован метод Рунги-Кутты 4-го порядка точности. Выбор именно этого метода обусловлен тем, что он является широко распространённым в качестве численного метода [1-3].

Выбор средств разработки ПО – важный этап, поскольку от корректности выбора зависит как скорость разработки и быстродействие, так и переносимость программного обеспечения.

В качестве основного языка программирования был выбран C++, так как он сочетает хорошее быстродействие и переносимость, и относительно быструю скорость разработки. В качестве библиотеки визуализации использовалась `mathgl`. Эта библиотека предназначена для создания качественной научной графики на различных платформах, для быстрой обработки и отображения больших массивов данных. Кроме того, данная библиотека позволяет работать в графическом и консольном режиме и легко интегрируется в различное программное обеспечение [4].

В качестве дополнительного языка программирования был выбран `python` и библиотека для работы с научной графикой `matplotlib`, с помощью которой реализовывался новый функционал, чтобы после (при неудовлетворительной скорости работы) переписать на C++.

Кроме того, для ускорения процесса использования программного обеспечения использовался язык `Bash` для командной оболочки ОС Linux.

Схема работы разработанного программного обеспечения представлена на рисунке 1.

*Тестирование программного обеспечения.* С помощью данного программного обеспечения был реализован расчёт столкновения двух встречных потоков, подробное описание постановки задачи было приведено в работе [5]:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \nabla \left( \sum_{i=1}^k \frac{q_i}{\|\vec{x} - M_i\|} \right). \quad (2)$$

По сути, данное уравнение описывает движение жидкости в кулоновском потенциале. Ниже представлена визуализация численного решения данной системы при  $k = 2, q_1 = 1, q_2 = 1$ , точки  $M_1$  и  $M_2$  имели следующие координаты:  $M_1 = (-1, 0, 0)$ ;  $M_2 = (1, 0, 0)$ .

В начальный момент времени генерировались стартовые точки случайным образом с использованием встроенного в язык программирования C++ генератора случайных чисел, по 5000 точек в окрестности точек  $M_1$  и  $M_2$ , по следующим правилам.

По оси  $x$  точка могла принимать значение от -0.5 до -0.95 для точки  $M_1$  и от 0.5 до 0.95 для точки  $M_2$ . По оси  $y$  и  $z$  точки строились в полярных координатах:

$$y = r \cos(\theta),$$

$$z = r \sin(\theta),$$

где  $r$  могла принимать значение от 0 до 0.5, стартовая точка расчёта  $\theta$  принимала любое значение от 0 до 360.

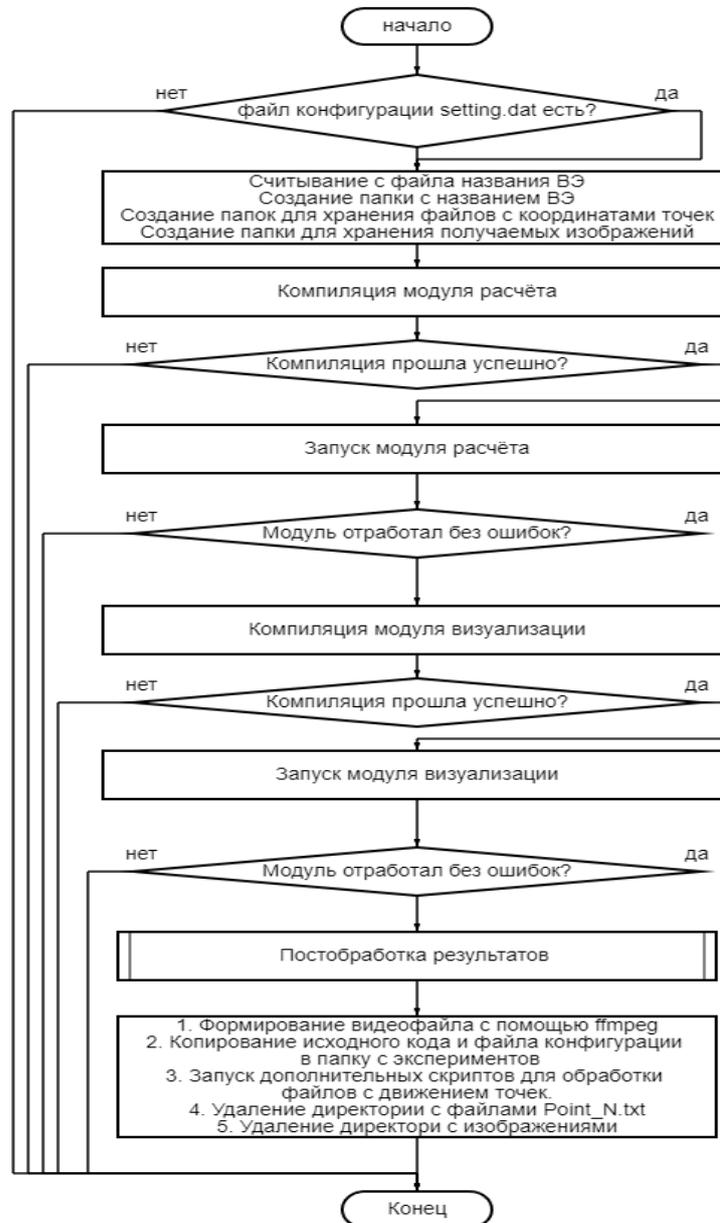


Рис. 1. Схема работы программы

Шаг по времени составлял 1/2000, всего было рассчитано 6000 временных точек, максимальное значение времени – 3. Результаты работы программы представлены на рисунке 2.

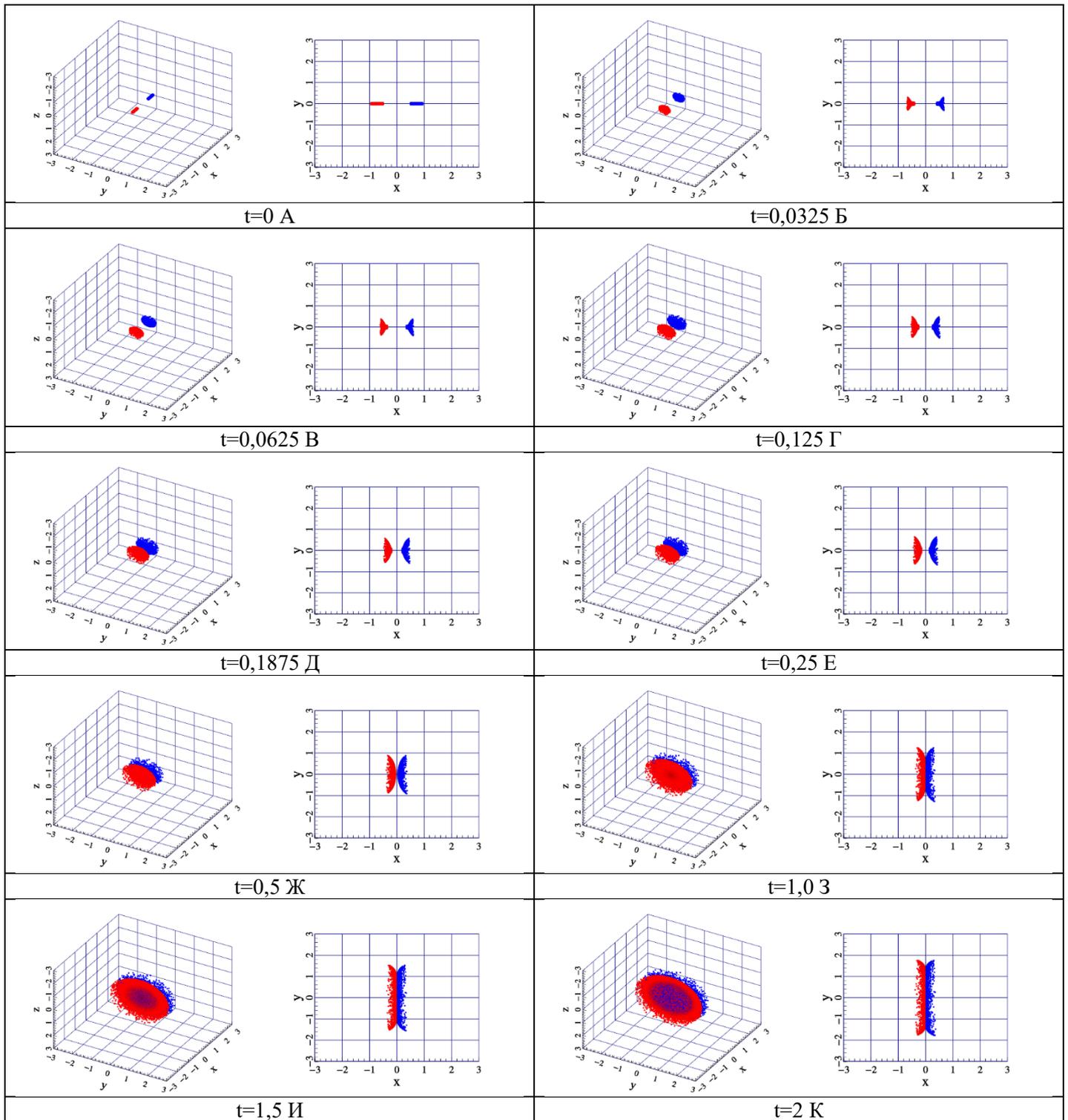


Рис. 2. Результаты тестирования разработанного программного обеспечения на системе ДУ (2)

В файле конфигурации были описаны следующие характеристики эксперимента:

1. Положение источников  $M_1$   $[(,M)]$   $_2$ .
2. Мощность источников  $\alpha$  и  $\beta$ .
3. Название эксперимента.
4. Время расчёта (начальное время, конечное время, шаг по времени, какой шаг по времени сохранять (например, каждый первый или каждый 10)).
5. Тип начального условия.

Время расчёта на имеющихся вычислительных мощностях, представленных вычислительной станцией со следующими характеристиками: процессор AMD Ryzen Threadripper 2990WX 32-Core-Processor, 32 ГБ оперативной памяти с частотой 2 400 МГц, составляет порядка 20 минут.

*Заключение.* В ходе работы было разработано и реализовано программное обеспечение, которое позволяет исследователям автоматизировать и ускорить проводимые вычисления. Работоспособность была протестирована на ряде тестовых примеров для верификации точности проводимых расчётов, после чего протестирована на реальной задаче, результаты которой совпадают с ожидаемым.

#### Литература:

1. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. 3-е изд. М.: Наука, 1967.
2. Ильина В. А., Силаев П. К. Численные методы для физиков-теоретиков. Ч. 2. Москва-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2004. С. 16–30.
3. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. С. 363–375.
4. URL: [https://mathgl.sourceforge.net/doc\\_ru/Main.html](https://mathgl.sourceforge.net/doc_ru/Main.html) (дата обращения 01.03.2024).
5. Галкин В. А., Смородинов А. Д., Моргун Д. А. Решение уравнения Навье-Стокса для сталкивающихся потоков // Успехи кибернетики. 2023. Т. 4. № 2. С. 8–15. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-01.

УДК 004.045

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭФФЕКТА ВЫТАЛКИВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ**

**Чернокрылюк А.А.,**

*магистрант, chernokrylyuk.sasha@yandex.ru*

*Научный руководитель: Сухачев И.С., канд. техн. наук, доцент кафедры  
электроэнергетики Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия*

**Аннотация.** В условиях размещения электроустановок и сооружений в вечноммерзлых грунтах существует проблема нарушения целостности систем заземления, вызванная выталкиванием вертикального электрода из почвы. В докладе проводится сравнительный анализ механизмов по предотвращению данного явления и выявляются их конструктивные недостатки.

**Ключевые слова:** вечномерзлый грунт, заземляющее устройство, метод конечных элементов, морозное пучение грунта

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF MECHANISMS TO PREVENT THE EFFECT OF PUSHING OUT VERTICAL ELECTRODES IN PERMAFROST SOILS**

**Chernokrylyuk A.A.,**

*master's student, chernokrylyuk.sasha@yandex.ru*

*Scientific supervisor: Sukhachev I.S., Ph. D. Electric Power Engineering  
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia*

**Abstract.** When electrical installations and structures are located in permafrost soils, does the vertical electrode being pushed out of the ground cause a problem of grounding system disturbances. The report provides a comparative analysis of measures to prevent these phenomena and identifies their design flaws.

**Keywords.** Permanently frozen soil, grounding device, finite element method, frost heaving of soil

**Введение.** В настоящее время значительная часть электротехнических комплексов Западной Сибири эксплуатируется в условиях вечной мерзлоты, причем большая их доля относится к нефтегазодобывающей отрасли. Эксплуатация в таких условиях осложняется высокой аварийностью оборудования, вызванной пониженной надежностью элементов системы по отношению к импульсным перенапряжениям [9].

Система заземления электроустановок является важной составляющей комплексов с точки зрения снижения числа аварий и повышения электробезопасности оборудования. Однако в условиях вечной мерзлоты надежность работы заземляющих устройств снижается вследствие выталкивания электропроводящего электрода грунтом.

Явление выталкивания вертикальных электродов из вечноммерзлых грунтов связано с преобладанием выталкивающих сил, возникающих в грунте, над силами сопротивления, действующими на электрод.

Причинами возникновения выталкивающих сил в грунте является естественное движение грунтовой влаги и мерзлого грунта, а также морозное пучение грунта в осенне-весенние периоды.

Причем морозное пучение вызвано таянием верхних слоев почвы при увеличении температуры окружающей среды [7].

Для решения поставленной проблемы предлагается использовать ряд запатентованных разработок [4, 5, 6]. Все эти полезные модели концептуально направлены на повышение сил противодействия выталкиванию.

Однако отсутствие опыта эксплуатации таких механизмов осложняет выбор эффективной конструкции заземлителей и оценку их влияния на надежность электротехнических комплексов.

Первым этапом выбора наиболее эффективной конструкции для дальнейшей разработки служит сравнительный анализ приведенных решений. Проведение такого анализа позволит на ранней стадии разработки выявить уязвимые места в конструкции электрода и принять своевременные меры по их устранению.

*Материалы и методы.* Объектом исследования являются конструкции заземляющих электродов, включающие в свой состав механизмы по противодействию выталкиванию.

На рисунке 1 схематически изображен вертикальный электрод с лепестковыми упорами. Наличие конусных форм вдоль стержня позволяет увеличить противодействующую выталкиванию площадь. При возникновении перемещения по направлению к поверхности вследствие выталкивающих сил, из-за забившегося в пространство между стержнем и лепестками грунта, происходит раскрытие лепестковых пар и фиксирование электрода в земле.

Эффективность противодействию выталкиванию для конструкции вертикального электрода с конусными вставками, изображенной на рисунке 2 (слева), достигается за счет того, что из-за наличия конусных форм возрастает площадь поверхности, противодействующая выталкиванию заземляющего устройства.

Общая особенность работы приведенных выше механизмов заключена в увеличении площади вертикального электрода, противодействующей выталкиванию и подразумевает учет этих элементов при проектировании заземляющего устройства. Однако внимания требуют также и разработки, установить которые имеется возможность на существующие системы заземления без необходимости внесения конструктивных изменений или с минимальными доработками.

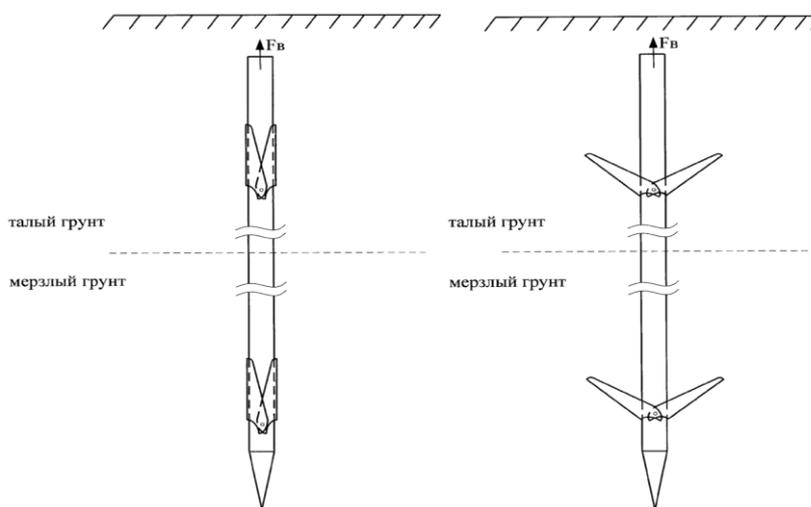


Рис. 1. Схема полезной модели вертикального заземлителя с лепестками в закрытом (слева) и открытом (справа) положениях [6].

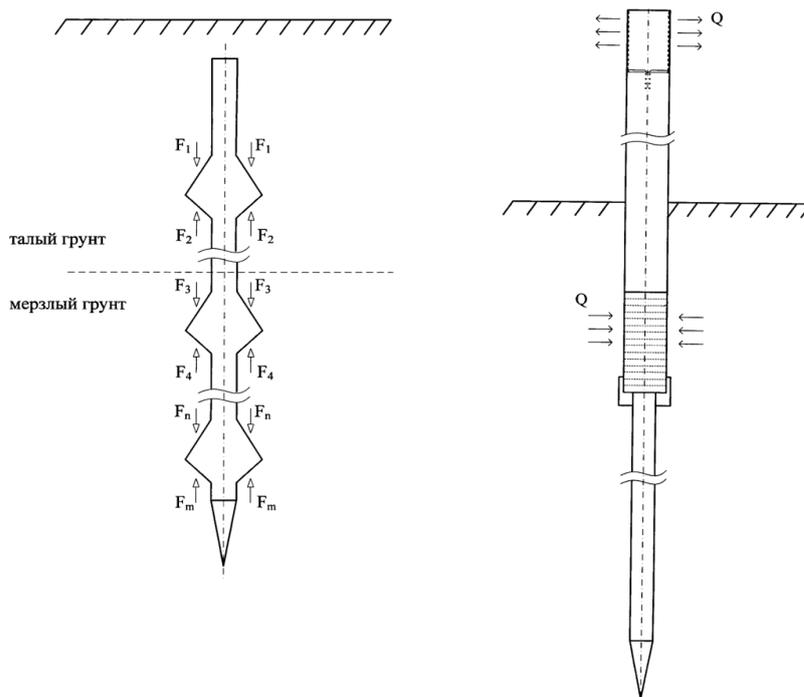


Рис. 2. Схема полезной модели вертикального электрода с конусными вставками (слева) и заземляющего устройства с модулем термостабилизации (справа) [4, 5].

Таковым механизмом является заземляющее устройство с модулем термостабилизации, конструкция которого показана на рисунке 2 (справа). Его принцип действия основан на отведении тепла из верхних слоев почвы в окружающую среду путем испарения жидкого теплоносителя.

Сравнительный анализ производился на основании двух критериев:

- оценка эффективности противодействия выталкиванию по отношению к заглублению электрода, отражающая эффективность монтажа ударным методом, без рытья траншеи;
- оценка совместимости с электролитическим заземлением, часто применяющимся в целях снижения удельного сопротивления грунта и имеющим трубный профиль [3].

Для анализа эффективности конструкции вертикального заземлителя с конусными вставками было проведено исследование, оценивающее эффективность противостояния выталкиванию по отношению к заглублению. При этом использовался программный продукт ANSYS с применением метода конечных элементов.

В программе была создана модель, состоящая из двух компонентов – грунта и заземлителя, оценивалось напряженно-деформированное состояние (НДС) заземлителя.

Симуляция формировалась согласно следующим этапам:

- разработка упрощенной модели заземлителя;
- создание модели и выбор характеристик грунта;
- установка граничных условий при взаимодействии грунта с электродом;
- осуществляется подбор сетки требуемой точности.

В качестве исследуемого электрода был взят цилиндр длиной 2 метра и диаметров 35 мм, в середине цилиндра был установлен конус.

Модель грунта для обеспечения симметрии в условиях симуляции заглубления и выталкивания представлена в форме шара диаметром 3 метра и жесткой заделкой по всему периметру, что обеспечивается наложением условия крепления Fixed support на внешнюю поверхность сферы. В качестве грунта был выбран мерзлый песчаный суглинок (табл. 1) [2].

Таблица 1.

Характеристики мерзлого песчаного суглинка

Характеристика	Единицы измерения	Значение
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	1380
Модуль упругости	МПа	28
Коэффициент Пуассона	-	0,3
Модуль сдвига	МПа	10,8
Объёмный модуль упругости	МПа	23,3
Предел текучести при растяжении	кПа	101
Предел прочности при растяжении	кПа	500

*Результаты и обсуждение.* В ходе исследования эффективности конструкции заземлителя с конусными вставками была проведена серия из двух опытов. В первом опыте стержень заглублялся, а во втором на него действовали выталкивающие силы. Была получена тепловая карта действующих при этом нагрузок на заземлитель, которая отображена на рисунке 3.

Причем в процессе исследований задавалось принудительное перемещение стержня в почве. Задание именно перемещения, а не нагрузки связано с тем, что выталкивающие силы, действующие на стержень не известны и определить их значение не представляется возможным. Перемещение было задано функцией Translational Displacement на величину 0.1 метра.

Сравнительный анализ нагрузок, действующих на часть стержня после конуса в точках А (А'), указывает на разницу в эффективности противодействия поступательному движению при заглублении и при выталкивании в 2,8%.

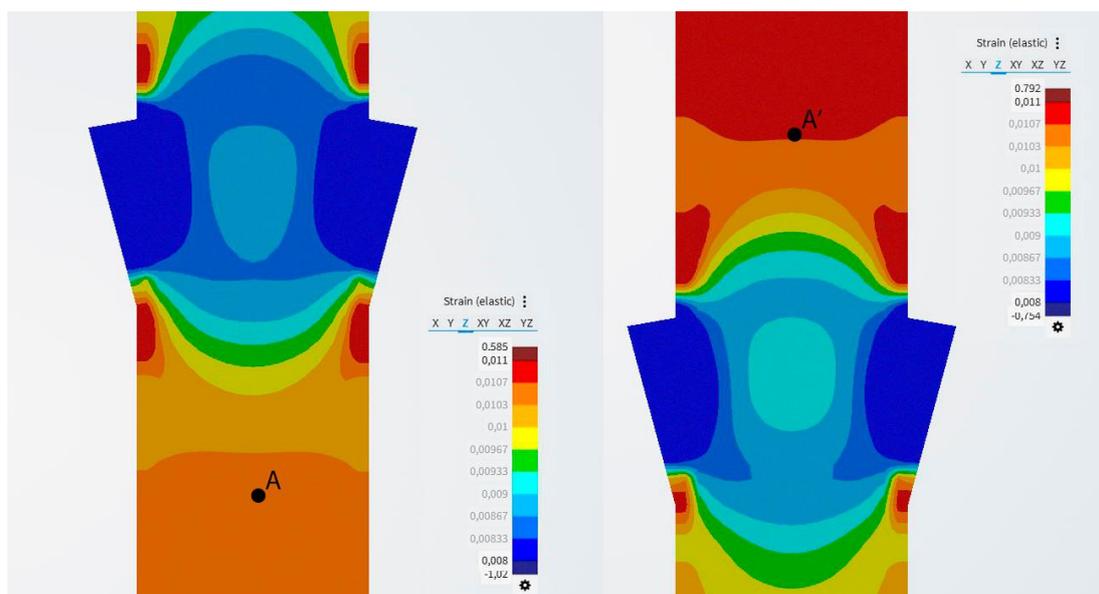


Рис. 3. Тепловая карта упругой деформации при заглублении (слева) и выталкивании (справа) заземлителя (моделирование в ANSYS)

Таким образом, эффективная разработка конструкции заземляющего устройства включает в себя учет требований к простоте заглубления электрода при сохранении работоспособности механизма, противодействующего выталкиванию.

Причем данного недостатка лишена конструкция лепесткового заземлителя, в которой при заглублении лепестки находятся в закрытом состоянии. Но при проектировании лепестковой пары возникает необходимость в повышении запаса прочности в местах контакта лепестка и стержня [1].

Оценка совместимости механизмов, противодействующих выталкиванию с трубным профилем электролитического заземления, выявила сложности при разработке модуля термостабилизации для заземления. Проблемным узлом является смотровой колодец для добавления электролита в процессе эксплуатации. Причем лепестковый и конусный механизмы могут быть использованы в электролитических заземлениях – их конструкция не затрагивает часть трубы, в которую помещается электролит, и не требуют доступа к воздушной среде.

*Заключение.* При использовании механизмов противодействия выталкиванию вертикального электрода из вечномерзлого грунта возникает ряд проблем. Для монтажа без необходимости рытья траншей, в случае с заземлителем с конусными вставками, необходимо конструктивно обеспечить достаточную проникающую способность стержня при заглублении с сохранением эффективности противодействия выталкиванию.

Использование в существующих электролитических заземляющих устройствах модуля термостабилизации по предложенной конструкции невозможно. Решением может являться разработка дополнительной полезной модели модуля термостабилизации для электролитических систем и применение существующего решения лишь для стержневых модульных заземлителей.

Лепестковый заземлитель лишён недостатков прочих двух моделей и может быть выбран для детальной разработки. Рекомендуются провести исследования зависимости эффективности формы лепестковых пар от характеристик грунта и оптимизации конструкции, а также оценку влияния механизма на функционал системы заземления и электротехнического комплекса в целом.

#### Литература:

1. Анализ напряженно-деформированного состояния вертикального заземлителя для вечномерзлых грунтов при выталкивающих нагрузках / И. С. Сухачев, П. В. Чепур, А. А. Тарасенко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2021. № 1 (145). С. 77–89. DOI: 10.31660/0445-0108-2021-1-77-89. EDN IRNRPS.
2. Артюшенко И. А. Усиление основания земляного полотна вертикальными столбами из щебня на участках с многолетнемерзлыми грунтами: 05.23.02: дисс. канд. техн. наук / И. А. Артюшенко; РУТ (МИИТ). М., 2020. 175 с.
3. Копырин В. А. Устройство заземления для вечномерзлых грунтов / В. А. Копырин, И. С. Сухачев // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: м-лы Всерос. науч.-практ. конф. студ., асп., мол. уч. и специалистов. Тюмень, 2015. С. 48–51.
4. Пат. 163552 Российская Федерация, МПК Н 01 R 4/66. Устройство заземления для вечномерзлых грунтов / Сухачев И. С., Смирнов О. В., Копырин В. А. № 2015147685/07; заявл. 05.11.2015; опубл. 27.07.2016, Бюлл. № 21. 1 с.
5. Пат. 163558 Российская Федерация, МПК Н 01 R 4/66. Устройство заземления с модулем термостабилизации / Сухачев И. С., Копырин В. А., Костоломов Е. М. № 2016100800/07; заявл. 12.01.2016; опубл. 27.07.2016, Бюлл. № 21. 1 с.
6. Пат. 170150 Российская Федерация, МПК Н 01 R 4/66. Вертикальный заземлитель для вечномерзлых грунтов / Сухачев И. С., Смирнов О. В., Копырин В. А. № 2015157350; заявл. 30.12.2015; опубл. 17.04.2017, Бюлл. № 11. 1 с.
7. Сухачев И. С., Воробьева С. В. Импульсные перенапряжения в системах защиты электротехнических комплексов // Изв. вузов «Нефть и газ». Тюмень, 2014. № 2. С. 102–106.
8. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: Учеб. для вузов / А. Ф. Дьяков [и др.]. 2-е изд. М.: МЭИ, 2011. 544 с.

УДК 004.93'1

## РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ РУССКОГО ДАКТИЛЬНОГО АЛФАВИТА

**Семенова В.О.,**

*магистрант, semenova\_vo@bk.ru*

*Научный руководитель: Семенова Л.Л., ст. преподаватель кафедры РЭиЭ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация:** В статье описывается разработка методов машинного обучения для распознавания дактильных жестов в реальном времени. На начальном этапе было создано программное обеспечение для подготовки и анализа входных данных, что включало очистку данных и их исследовательский анализ. Далее была проведена разработка и обучение модели машинного обучения, начальная точность которой составила 47%. После тестирования шести дополнительных моделей с различным числом слоев и нейронов, было принято решение пересобрать набор данных с учетом 42 позиционных координат, что позволило достичь точности в 99.5%. Дополнительные усовершенствования данных, включая интеграцию Евклидовых расстояний, не привели к значительным изменениям в эффективности модели. Завершающим этапом стало разработка приложения для реального времени с интерфейсом камеры, интегрированного с обученной моделью машинного обучения для интерпретации жестов.

**Ключевые слова:** машинное обучение, распознавание жестов, анализ в реальном времени, ненормализованные данные

## DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR RECOGNIZING GESTURES OF THE RUSSIAN DACTYL ALPHABET

**Semenova V.O.,**

*master student, semenova\_vo@bk.ru*

*Scientific advisor: Semenova L.L., Senior Lecturer of the DoREE  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Abstract:** This paper describes the development of machine learning methods for real-time recognition of dactyl gestures. The initial phase involved creating software for preparing and analyzing input data, which included data cleaning and exploratory analysis. The development and training of a machine learning model followed, with an initial accuracy of 47%. After testing six additional models with varying numbers of layers and neurons, it was decided to reassemble the dataset to include 42 positional coordinates, which allowed achieving an accuracy of 99.5%. Further data refinements, including the integration of Euclidean distances, did not lead to significant changes in model efficiency. The final stage was the development of a real-time application with a camera interface, integrated with the trained machine learning model for gesture interpretation.

**Keywords:** machine learning, gesture recognition, real-time analysis, non-normalized data

**Введение:** Инклюзия для людей с нарушениями слуха и речи становится все более актуальной, однако этот вопрос остается недостаточно освещенным в отношении использования

жестового языка. В России насчитывается около 13 миллионов глухих и слабослышащих людей, из которых более 300 тысяч являются носителями жестового языка [1]. Несмотря на значительный технический прогресс в смежных областях, взаимопонимание между говорящими и неговорящими людьми часто достигается за счет привлечения знающих жестовый язык людей или профессиональных переводчиков, что подчеркивает необходимость разработки автоматизированных систем перевода жестового языка.

Основной проблемой в распознавании и переводе жестового языка является его вариабельность и диалектальное разнообразие. В качестве альтернативы часто используется дактиль – метод, позволяющий избежать многих проблем, связанных с переводом полных знаков, благодаря использованию статических жестов, обозначающих отдельные буквы алфавита.

Несмотря на потребность, на сегодняшний день отсутствует комплексный набор данных русского дактильного алфавита, что существенно затрудняет создание эффективных моделей машинного обучения для распознавания таких жестов в реальном времени.

Целью исследования является разработка и апробация методов машинного обучения для реализации системы автоматизированного перевода дактильного алфавита в речь в реальном времени. Важным аспектом является создание комплексного набора данных русского дактильного алфавита, что позволило эффективно обучить модели машинного обучения и уловить нюансы данной системы жестового языка. Реализация данной цели способствует сокращению социального исключения глухих и слабослышащих людей, обеспечивая их полноценное участие в социальной жизни, а также интеграцию в общество без создания дискомфорта для всех его участников.

*Материалы и методы.* Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

1. Подготовка данных и проведение предварительного анализа.
2. Разработка модели машинного обучения и проведение первого раунда обучения.
3. Экспериментирование с 6 различными наборами параметров для модели.
4. Повторная сборка набора данных без нормализации и с включением запястья.

Переобучение модели с использованием ранее параметрами и новым датасетом.

5. Разработка программы для считывания координат через камеру в реальном времени.

В работе по разработке нейронной сети для распознавания жестов русского дактильного алфавита были определены ключевые этапы: начиная с подготовки и анализа данных, включая очистку и исследовательский анализ, до разработки и обучения модели машинного обучения с последующими экспериментами по модификации параметров. Особое внимание уделено пересборке набора данных с включением дополнительных координат и без нормализации, что позволило значительно увеличить точность распознавания. Завершающим этапом стала разработка программного обеспечения для считывания координат в реальном времени, что обеспечило интеграцию обученной модели для интерпретации жестов. Эти методические подходы позволили эффективно обучить модели и достичь высокой точности в распознавании жестов.

*Результаты.* Алгоритм нормализации, используемый при сборе данных, состоит из четырех последовательных шагов (рис. 1):

1. Получение координат и сохранение их в массиве.

2. Преобразование координат, где значение первой относительной координаты установлено равным  $[0, 0]$  по формуле 1;

$$\begin{cases} x'_i = x_i - x_{i+1} \\ y'_i = y_i - y_{i+1} \end{cases} \quad (1)$$

3. Нормализация координат и их пересчет под заданные параметры экрана устройства, на котором отображается изображение по формуле 2; нормализация в пред. задачах и этапах не упоминается!

$$\begin{cases} x''_{i+1} = x''_i - \frac{x'_i}{n} \\ y''_{i+1} = y''_i - \frac{y'_i}{m} \end{cases} \quad (2)$$

4. Разбиение каждой координаты [x, y] на пару [x] и [y].

① The coordinates received from the framework												
T-15	T-14	T-13	.....	T-2	T-1	T						
[550, 165]	[526, 176]	[509, 188]	.....	[644, 219]	[644, 196]	[642, 178]						
② Converting to relative coordinates (T-15 is cast to [0, 0])												
T-15	T-14	T-13	.....	T-2	T-1	T						
[0, 0]	[-24, 11]	[-17, 12]	.....	[5, -16]	[0, -23]	[-2, -18]						
③ Normalization for screen height and width Width X and height Y												
T-15	T-14	T-13	.....	T-2	T-1	T						
[0.0, 0.0]	[-0.025, 0.0204]	[-0.0427, 0.0426]	.....	[0.0979, 0.1]	[0.0979, 0.0574]	[0.0958, 0.0241]						
④ Reduction to a one-dimensional array												
T-15	T-14	T-13	.....	T-2	T-1	T						
0.0000	0.0000	-0.0250	0.0204	-0.0427	0.0426	.....	0.0979	0.1000	0.0979	0.0574	0.0958	0.0241

Рис. 1. Пример работы алгоритма нормализации координат

Набор данных был разделен на обучающий и тестовый наборы, при этом 20% данных было использовано для тестирования. Модели были итеративно модифицированы для изучения влияния различных параметров на производительность модели (таблица 1).

Таблица 1.

Описание моделей и изменений

Модель	Изменения	Активация	Число слоев	Нейроны на слое	Скорость обучения	Оптимизатор
1	-	ReLU	7	10	0.005	Adam
2	Смена активации на Tanh	Tanh		20		
3	Нейроны увеличены до 20					
4	Слой увеличен до 11			40		
5	Слой уменьшен до 4					
6	Нейроны увеличены до 40					
7	Слой увеличен до 8			8		

Результаты этих экспериментов (таблица 2) демонстрируют устойчивую тенденцию. Несмотря на различные корректировки, внесенные в модели, показатели точности и потерь показывают, что производительность модели существенно не улучшилась.

Таблица 2.

Результаты обучения

Модель	Число эпох	Training loss	Точность тренировки (%)	Test loss	Точность теста (%)
1	1850	1.54742	40.19	1.54602	39.91
2		1.40013	45.73	1.39183	46.37
3		1.31786	49.25	1.32248	49.15
4		1.34592	47.35	1.34514	47.38

5		1.33794	47.68	1.33645	47.95
6		1.29035	49.66	1.30437	49.64
7		1.30052	49.74	1.31091	49.45

Усовершенствованием процесса подготовки данных для модели машинного обучения стало введение вычислений евклидова расстояния. Включение евклидовых расстояний в нормализованные данные было впоследствии проверено с использованием семи ранее представленных моделей машинного обучения (табл. 1).

После оценки этих результатов стало очевидно, что включение измерений евклидовых расстояний не привело к значительному повышению производительности моделей. Метрики точности и потерь показывают, что, хотя евклидово расстояние добавило в набор данных измерение информации о пространственных отношениях, оно само по себе было недостаточным для существенного улучшения способности модели точно распознавать жесты.

При рассмотрении средняя вероятность того, что модель перепутает один жест с другим, можно рассчитать с помощью Матрицы ошибок (рис. 2). Для некоторых букв, таких как «Г» и «Д», ошибки выше, о чем свидетельствуют процентные значения 41% и 39%, соответственно, что указывает на значительную вероятность того, что эти жесты будут ошибочно приняты за другие – определенные жесты имеют схожие атрибуты, которые модель не может различить.

Весь набор данных был пересобран с нуля, сохранив минимальную форму нормализации: преобразование каждой пары координат  $(x, y)$  в формат массива  $[x][y]$ , т. е. выполнения только шагов 1 и 4 исходного процесса нормализации (рисунок 1). Еще одним важным изменением стало добавление координаты запястья, которая ранее не учитывалась при сборе данных.

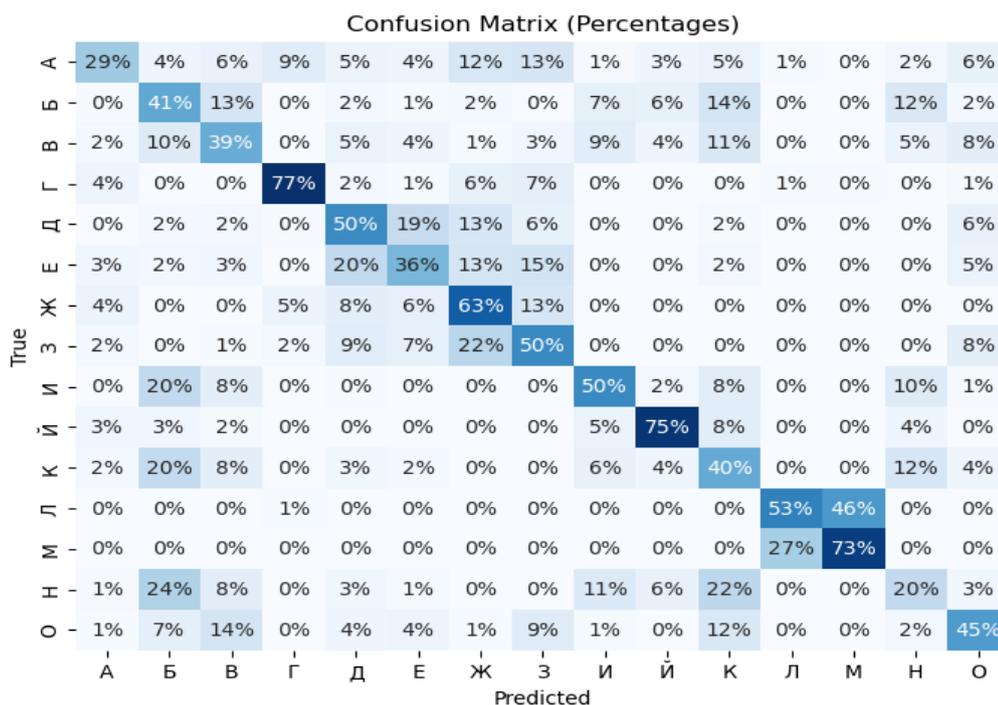


Рис. 2. Матрица ошибок для модели 6 с нормированными данными

Затем была проведена серия тестов с использованием существующих моделей (табл. 1). По результатам модель 5 оказалась наиболее эффективной, достигнув точности 99,36% (табл. 3).

Таблица 3.

Результаты обучения на новых данных

Модель	Число эпох	Training Loss	Точность тренировки (%)	Test Loss	Точность теста (%)
1	1850	0.45611	88.96	0.44625	89.22
2		0.23686	94.42	0.23515	94.58
3		0.14598	96.45	0.14398	96.51
4		0.19426	95.58	0.19419	95.55
5		0.02335	99.47	0.02870	99.36
6		0.07050	98.04	0.06588	98.15
7		0.10580	97.52	0.10831	97.56

Важным выводом, полученным в результате этих экспериментов, является то, что большее количество слоев и нейронов в каждом слое не обязательно приводит к повышению производительности модели. В матрице ошибок модель демонстрирует высокую точность: большинство жестов правильно идентифицируются с точностью от 99% до 100% (рис. 3). Такой уровень точности указывает на превосходное понимание моделью особенностей каждого жеста.

Производительность модели 5 на ненормализованных данных подчеркивает эффективность использования необработанных данных координат для обучения моделей машинного обучения задачам распознавания жестов. Модель может надежно обобщать весь набор данных, обеспечивая надежный инструмент для точного распознавания жестов в практических приложениях.

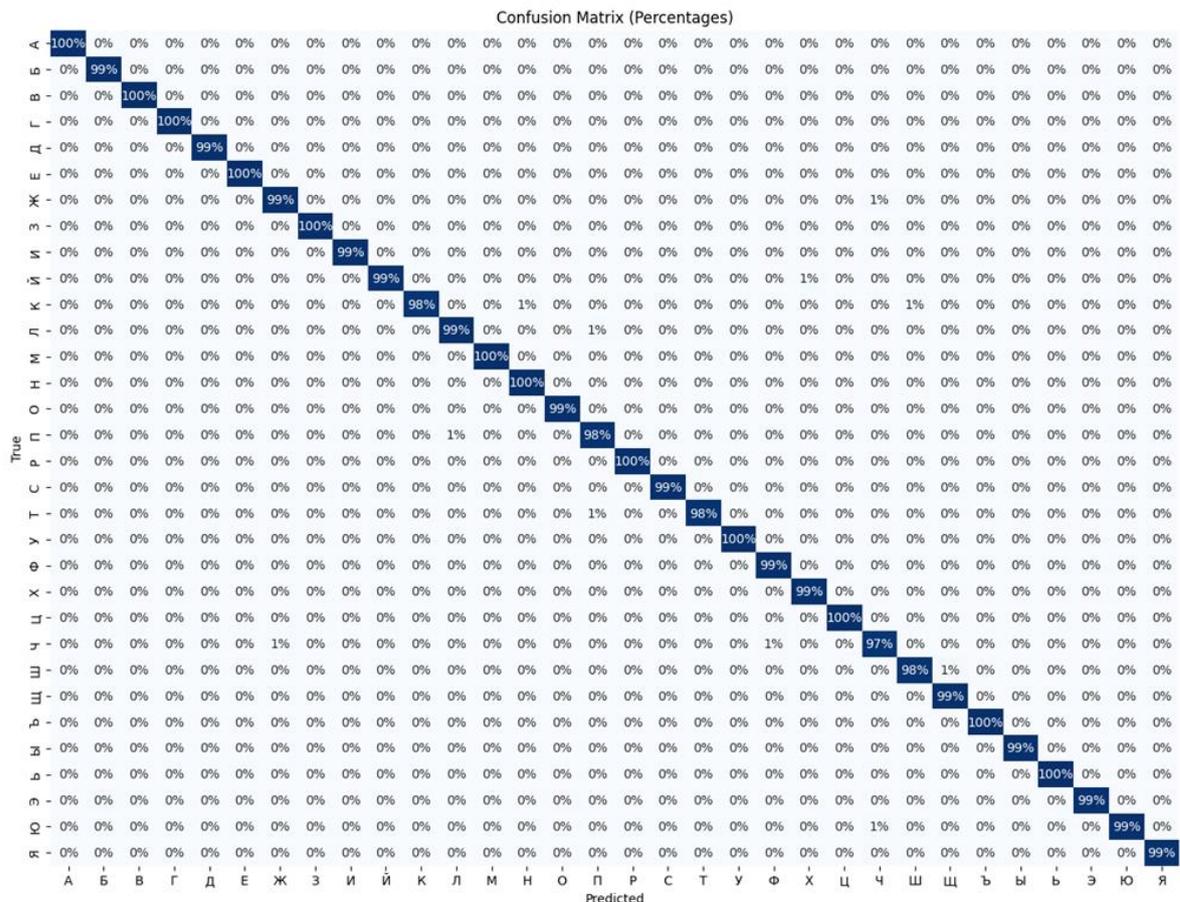


Рис. 3. Матрица ошибок для модели 5 с ненормированными данными

Итоговая программа, разработанная на Python, использует библиотеку OpenCV для захвата и рендеринга видео в реальном времени, а также фреймворк MediaPipe [2] для распознавания скелета ладони [3]. Нейронная сеть – многослойный перцептрон с четырьмя слоями и 20 нейронами в каждом и активатором Tahn – интерпретирует координаты рук, считанные MediaPipe, переводя их в соответствующие буквы с высокой точностью.

Приложение демонстрирует высокий уровень достоверности своих прогнозов, часто превышающий 99% (рис. 4), что подчеркивает надежность модели 5 в практических сценариях.

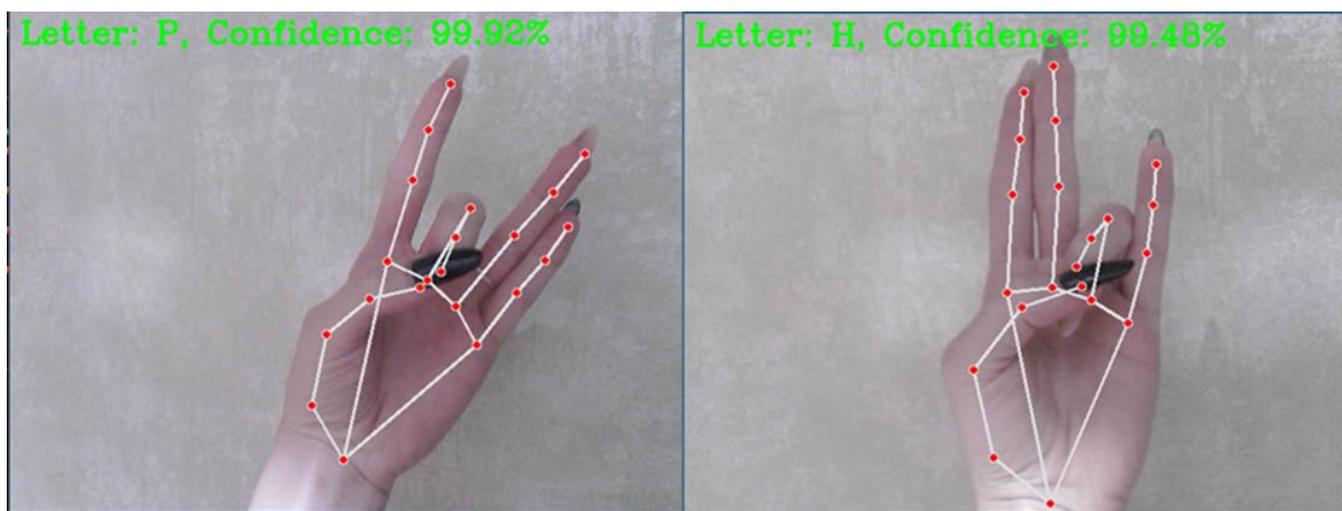


Рис. 4. Распознавание жестов дактиля в реальном времени

*Заключение.* Исходная фаза проекта, включающая разработку скриптов для подготовки и анализа данных, положила основу для последующего моделирования и обучения машинного обучения. Несмотря на первоначальный результат в 47% точности, пересборка набора данных без нормализации и включение запястья позволили добиться прогресса, увеличив точность до 99,5%.

Дополнительное усовершенствование процесса подготовки данных не оказало значительного влияния на производительность модели.

#### Литература:

1. Международный день глухих (29 сентября 2019) // Уполномоченный по правам человека в г. Севастополе. – URL: <https://ombudsman92.ru/news/29-sentyabrya--mezhdunarodnyj-den-gluhih> (дата обращения: 28.02.2024).
2. Fan Zhang, eds. MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking // arXiv.org e-Print Archive. 2020. – URL: <https://arxiv.org/pdf/2006.10214.pdf> (дата обращения: 01.02.2024).
3. Семенова В. О., Семенова Л. Л. Разработка модуля программного обеспечения переводчика слов жестового языка в звуковой формат // Вестник кибернетики. 2022. № 1 (45). С. 46–54.

УДК 004.65

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗНАЧИМОСТИ ДИСЦИПЛИН ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПЛАНА

*Сапожник К.В.,*

*магистрант, sapozhnik@edu.surgu.ru*

*Научный руководитель: Юрчишина М.В., старший преподаватель кафедры АСОИУ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Проведено моделирование базы знаний интеллектуальной подсистемы выбора коэффициентов значимости для системы оптимизации учебного плана. Представлены продукционная модель и семантическая сеть предметной области, охватывающие дисциплину и её коэффициент значимости. Обоснован выбор продукционной модели. Представлена оценка актуальности мнения студентов на значение коэффициента значимости и предложена форма получения такого мнения.

**Ключевые слова:** база знаний, продукционная модель, семантическая сеть, оптимизация, проектирование интеллектуальной системы

## MODELING OF KNOWLEDGE BASE COEFFICIENTS OF SIGNIFICANCE OF DISCIPLINES FOR EDUCATIONAL PLAN OPTIMIZATION TASK

*Sapozhnik K.V.,*

*master's student, sapozhnik@edu.surgu.ru*

*Supervisor: Yurchishina M.V., Senior Lecturer at the Department of ASOIU  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Abstract:** Knowledge base modeling of an intelligent subsystem for selecting coefficients of significance for educational plan optimization system has been conducted. A production model and a semantic network of the subject area covering the discipline and its significance coefficient are presented. The choice of the production model is justified. An assessment of the relevance of students' opinions on the significance coefficient is presented, and a method for obtaining such an opinion is proposed.

**Keywords:** knowledge base, production model, semantic network, optimization, design of intelligent system

**Введение.** При построении интеллектуальной системы необходимо определить наиболее удобную модель представления знаний. В данной работе построены проекты двух наиболее распространенных вариантов моделей: продукционной и семантической сети. Основная задача проектируемой интеллектуальной подсистемы подбора коэффициента значимости дисциплин для системы оптимизации учебного плана – рассчитать набор коэффициентов для конкретного варианта учебного плана. Сложность расчета обусловлена следующими факторами:

- отсутствием в предметной области понятия коэффициента значимости;
- неоднозначной возможностью вычисления понятия коэффициента значимости;

– зависимость коэффициента значимости от нескольких разнородных факторов (вид компетенции и семантика дисциплины).

База знаний (БЗ) является важным инструментом в области искусственного интеллекта и информационных систем. В ней хранится набор правил, которые могут быть использованы для принятия решений, анализа данных и решения поставленных задач [1]. Выбор моделей представления знания существенно зависит от субъективных предпочтений инженера знаний.

*Материалы и методы.* При построении модели базы знаний в любой форме необходимо определить, какие понятия должны быть включены в состав модели и как их представить для решения прикладных задач. В данной работе предложены две модели одной и той же предметной области “учебная дисциплина”. Продукционная модель представляется набором правил, структура которых определена следующим образом “если условие, то действие” [2]. То есть необходимо сформулировать полный набор правил, который позволит однозначно рассчитать значения коэффициентов значимости всех дисциплин, входящих в оптимизируемый учебный план.

Формирование правил для определения коэффициента значимости дисциплин представляется трехэтапным процессом. На первом этапе все дисциплины разбиваются на три основные категории:

- дисциплина формирует универсальную компетенцию (УК);
- дисциплина формирует общепрофессиональную компетенцию (ОПК) и не формирует ни одной УК;
- дисциплина формирует профессиональную компетенцию (ПК) и не формирует никаких других видов компетенций.

При таком варианте распределения дисциплин однозначное соответствие категории дисциплины и коэффициента значимости этой дисциплины может оказаться не эффективным, поскольку имеются дисциплины, формирующие одновременно компетенции двух типов. В таком случае они будут попадать в тот класс, который отвечает за менее значимые компетенции. Подобные дисциплины требуют дополнительной классификации, основанной не только на формируемых компетенциях, но и на других факторах. Для удобства записи понятий вводится обозначение коэффициента значимости –  $p$ . Значения коэффициента варьируется в интервале (0;1). Физический смысл коэффициента заключается в весовом значении важности дисциплины для направления обучения [3].

Правила назначения первичного варианта коэффициента значимости для категорий:

- если дисциплина формирует УК, то  $p = 0.1$ ;
- если дисциплина формирует ОПК, но не формирует УК, то  $p = 0.5$ ;
- если дисциплина формирует только ПК, то  $p = 0.9$ .

Второй этап представляется корректировкой первичных значений коэффициентов значимости в зависимости от того какие компетенции дисциплина формирует одновременно. Коэффициент значимости дисциплины должен быть скорректирован в сторону увеличения, если дисциплина формирует не только УК, но и ОПК.

- если в дисциплине формируется одновременно УК и ОПК, то  $p$  увеличивается на 0.2;
- если в дисциплине формируется одновременно ОПК и ПК, то  $p$  увеличивается на 0.2;
- если в дисциплине формируется одновременно УК, ОПК и ПК, то  $p$  увеличивается на 0.4.

Третий этап содержит корректировку значений коэффициентов значимости дисциплин в зависимости от формы контроля дисциплины (наличие курсового проекта или курсовой работы). Коэффициент значимости дисциплины должен быть скорректирован в сторону увеличения при наличии курсового проекта или курсовой работы:

- если в дисциплине предусмотрен курсовой проект, то  $p = 0.92$ ;
- если в дисциплине предусмотрена курсовая работа, то  $p = 0.95$ .

Четвертый этап должен представляться корректировкой значений коэффициентов по результатам семантического анализа дисциплин и с учетом мнения студентов. В данной работе этот этап не реализован, поскольку требует анкетирования студентов и семантического анализа дисциплин. Для сравнения моделей представления знаний перечисленных правил будет достаточно. Семантическая сеть представляется графом, вершинами которого являются понятия предметной области, а ребрами – связи между ними [4]. Для построения семантической сети выбраны основные сущности и установлены связи между ними (рис. 1).

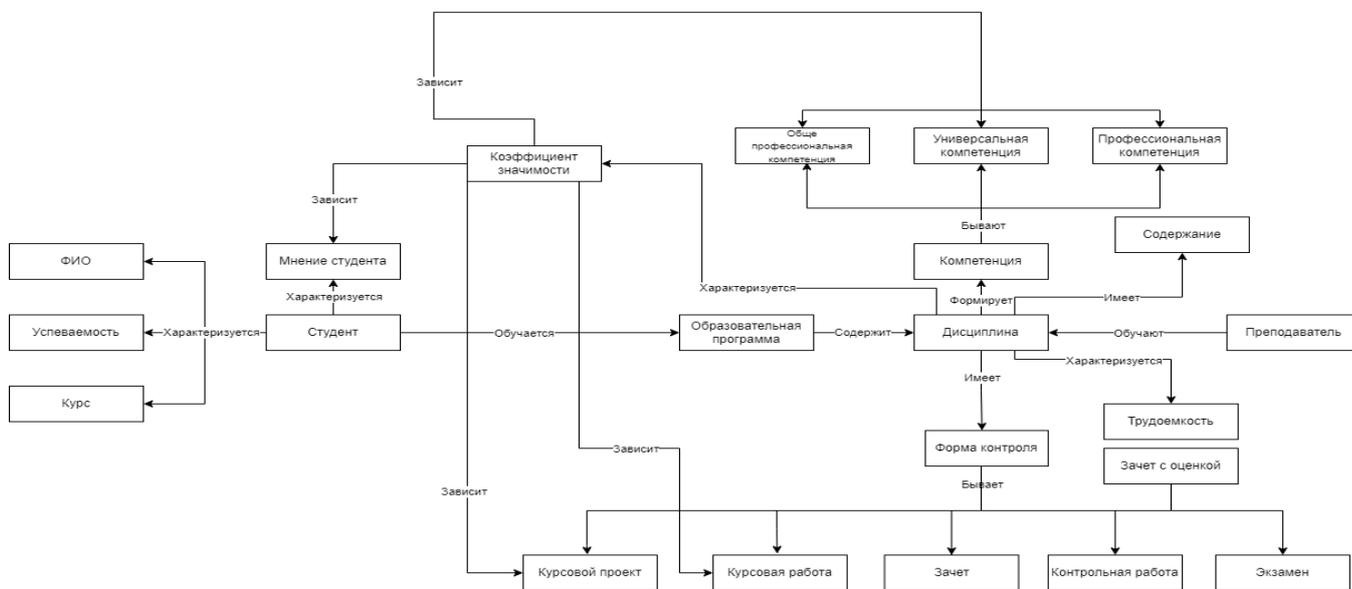


Рис. 1. Семантическая сеть базы знаний коэффициентов значимости дисциплин

В представленной постановке основной сущностью является коэффициент значимости дисциплины, соответственно, ключевым понятием является дисциплина. Важными характеристиками дисциплины можно выделить: компетенция, форма контроля, коэффициент значимости, содержание, трудоемкость. Также в определенном смысле дисциплина характеризуется преподавателем, который ее реализует, и студентами, которые ее изучают. Причем от мнения последних зависит конкретное числовое значение исследуемого коэффициента значимости дисциплины.

*Результаты сравнения.* Таким образом, построены две модели в различных представлениях знаний для изучаемой предметной области. Выбор одной из них может быть обусловлен, например, практической целью создания базы знаний, которая фактически сводится к установлению набора значений коэффициентов значимости. С этой точки зрения очевидно производственная модель является более удобной. Для использования в данных целях семантической сети не очевидна процедура установления значения каждого конкретного коэффициента, в то время как в производственной модели имеются непосредственные правила их присвоения и корректировки.

*Экспертное оценивание студентов.* Одним из ключевых аспектов проектирования предложенной базы знаний является использование оценок студентов, которые считаются экспертами после изучения конкретной дисциплины. Студенты, находясь в процессе обучения и изучения различных дисциплин, формируют свое собственное представление о значимости каждой из них. Их мнения и оценки могут быть использованы для изменения первичного коэффициента значимости дисциплины.

Первым шагом является сбор данных, включающий оценки студентов-экспертов по значимости каждой дисциплины. Эти оценки могут быть получены путем интервьюирования, анкетирования или других методов сбора информации. В данном случае предполагается сбор данных при помощи анонимного анкетирования. Анкета должна предлагать студентам оценить значимость каждой дисциплины на основе их собственного опыта и восприятия. Студентам предоставляется список дисциплин, причем каждая дисциплина сопровождается кратким описанием её содержания и целей. Студенты должны будут оценить каждую из них. При этом мнение каждого студента будет оцениваться в зависимости от его успеваемости и стадии обучения.

*Заключение.* В данной работе были рассмотрены и проанализированы две модели представления знаний – продукционная и семантическая сеть, с целью создания модели базы знаний интеллектуальной подсистемы подбора коэффициента значимости дисциплин для оптимизации учебного плана. Основная сложность заключается в отсутствии четкого определения коэффициента значимости в предметной области и наличия множественных факторов, влияющих на его вычисление. Путем построения моделей было установлено, что продукционная модель, представляющая собой набор правил «если-то», оказалась более удобной для решения задачи вычисления коэффициентов значимости дисциплин. Применение правил первичного назначения и последующего корректировочного этапа позволяют определить коэффициенты значимости для всего набора дисциплин в учебном плане. Обоснована актуальность опроса студентов для корректировки коэффициентов значимости.

#### **Литература:**

1. Искусственный интеллект. Инженерия знаний: Учеб. пособие для вузов / Ю. А. Загоруйко, Г. Б. Загоруйко. М.: Юрайт, 2022. 93 с. // Образовательная платформа Юрайт. – URL: <https://urait.ru/bcode/494205/p.3> (дата обращения: 01.02.2024).
2. Представление знаний в экспертных системах: Учеб. пособие / Сост. В. А. Морозова, В. И. Паутов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 120 с.
3. Сапожник К. В. Концепция подсистемы подбора коэффициента важности дисциплин // Сб. тр. нац. науч.-практ. конф. «Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты». М., 2023. С. 698–701.
4. Бабкин Э. А. Принципы и алгоритмы искусственного интеллекта: Монография / Э. А. Бабкин, О. Р. Козырев, И. В. Куркина. Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2006. 132 с.

УДК 004.65

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ СУРГУ»

*Мансуров К.И.,*

*магистрант, mansurov107kam@mail.ru*

*Научный руководитель: Юрчишина М.В., ст. преподаватель кафедры АСОИУ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** В данной работе рассматривается проектирование информационно-аналитической системы для учета, обработки и анализа достижений студентов. Описываются функциональные требования к системе и функциональная модель, инфологическая и физическая модели данных. Полученные результаты будут основой для дальнейшего усовершенствования и расширения функциональных возможностей системы.

**Ключевые слова:** информационно-аналитическая система, функциональная модель, инфологическая и физическая модели

## DESIGNING AN INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM «ACHIEVEMENTS OF THE STUDENTS OF SURGU»

*Mansurov K.I.,*

*undergraduate student, mansurov107kam@mail.ru*

*Scientific supervisor: Yurchishina M.V., senior lector of Department ASOIU  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** This paper discusses the design of an information and analytical system for accounting, processing and analyzing student achievements. The functional requirements for the system and the functional model, infological and physical data models are described. The results obtained will be the basis for further improvement and expansion of the system's functionality.

**Keywords:** information and analytical system, functional model, infological and physical models

*Введение.* На сегодняшний день в функционировании любого предприятия особое значение приобретает использование информационно-аналитических систем (далее ИАС). Это программные комплексы, которые используются для обеспечения процесса сбора, обработки, хранения и анализа данных, поступающих в режиме реального времени [1].

В образовательных учреждениях для учета и контроля продолжают применяться традиционные методы, такие как ведомости, журналы и списки. С течением времени они накапливаются и обновляются. При большом объеме информации поиск и обработка необходимых данных, выполняемых вручную, представляют собой трудоемкий процесс. Повышение оперативности учета достижений студентов будет способствовать увеличению производительности административных и образовательных процессов.

В контексте данной темы, достижения студентов – это результаты и успехи, которые были достигнуты студентами в рамках своих личных интересов, увлечений и индивидуальных траекторий. Анализ достижений является важным, поскольку позволяет образовательным

учреждениям получить полное представление о студентах, их интересах и навыках, что в свою очередь способствует более эффективному управлению и поддержке образовательного процесса.

Эффективность учета достижений может значительно возрасти с внедрением ИАС. Это позволит упростить данный процесс, автоматизируя сбор, обработку и анализ данных. Кроме этого ИАС играет важную роль в рекрутинге. Работодатели все чаще ориентируются на данные о достижениях студентов при поиске потенциальных кандидатов на должности. Система может предоставить подходящих студентов по конкретным критериям [2].

Цель: проектирование ИАС «Достижения студентов СурГУ».

*Инфологическая модель предметной области.* Начать проектирование системы стоит с инфологической модели предметной области, ориентированной на человека и не зависимой от типа системы управления базами данных (СУБД), определяющей совокупности информационных объектов, их атрибутов и отношений между объектами. Модель включает следующие сущности.

Стержневые:

- достижения;
- студент;
- ответственное лицо;
- институт;
- преподаватель;
- группа;
- ассоциативные:
- отчет по институтам.

Обобщенное описание модели предметной области представлено на рисунке 1.

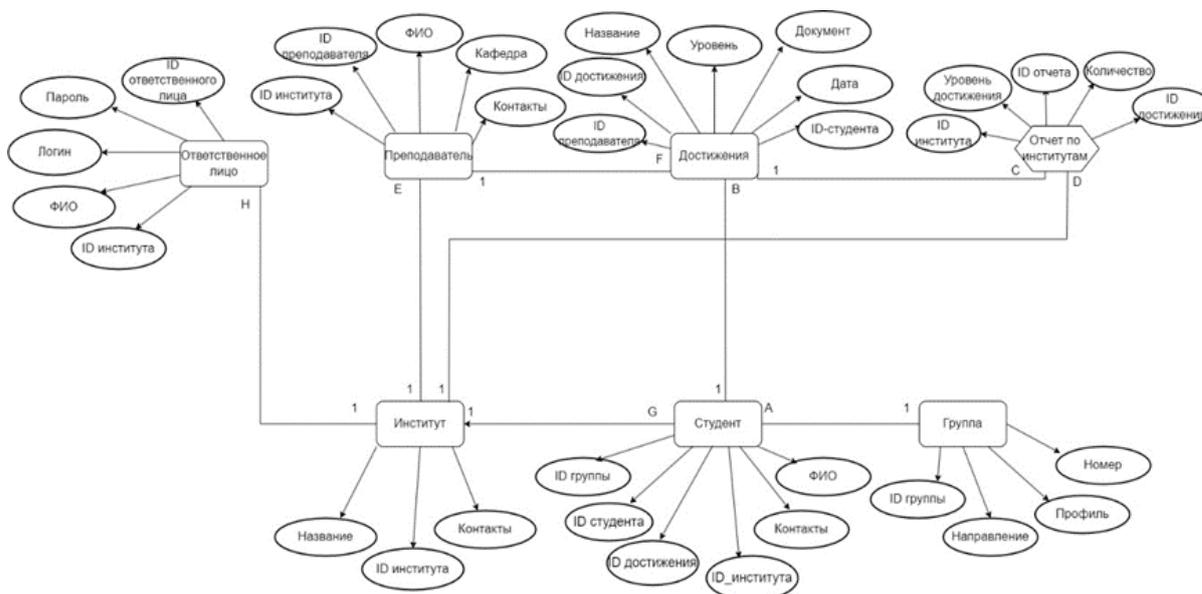


Рис. 1. Инфологическая модель предметной области ИАС «Достижения студентов СурГУ»

*Функциональная модель.* Прежде чем приступить к созданию функциональной модели, необходимо обозначить функциональные задачи системы.

1. Авторизация / регистрация пользователей. Система должна предоставить возможность входа для ответственных лиц и преподавателей через соответствующие учетные записи.

2. Добавление достижений. Возможность вносить информацию о достижениях студентов (участие в научных конференциях, исследовательских проектах, хакатонах, олимпиадах и т. д.).

3. Генерация отчета достижений студентов. Это позволит проанализировать достижения за определённый временной промежуток.

После того, как основные функциональные требования системы были описаны, следующим шагом будет построение функциональной модели. Функциональная модель ИАС содержит контекстную (обобщённую) диаграмму, представленную на рисунке 2. Все модели выполнены с использованием программного обеспечения для рисования графиков, diagrams.net [3].



Рис. 2. Контекстная диаграмма функциональной модели ИАС «Достижения студентов СурГУ»

На рисунке 3 представлена декомпозиция контекстной диаграммы функциональной модели, отражающая работу ИАС.

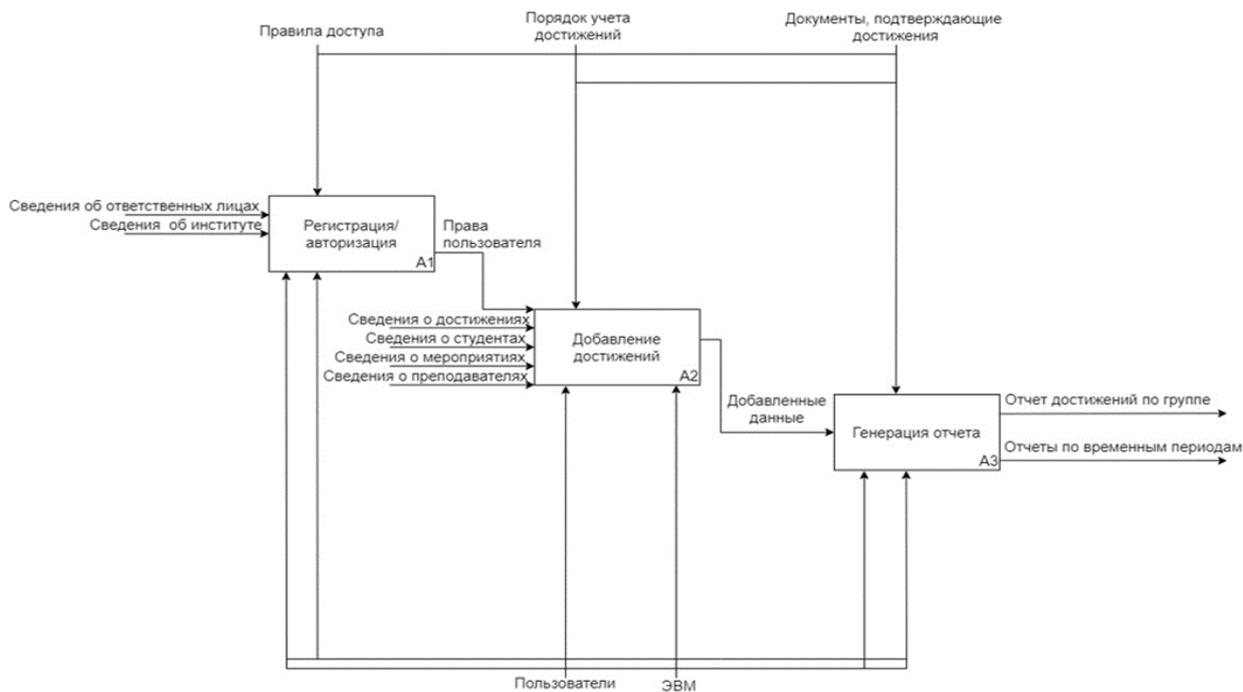


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции функциональной модели ИАС «Достижения студентов СурГУ»

В блок «Регистрация/авторизация» (A1) на вход поступают сведения об ответственных лицах и об институте. Данный блок предоставляет права доступа к системе при авторизации.

В блок «Добавление достижений» (A2) поступают следующие сведения: о студенте, о достижениях, о мероприятиях и о преподавателях. Результатом данного блока являются внесенные достижения в систему.

В блок «Генерация отчета» (A3) на вход поступают данные из A2. Результатом будет отчет достижений по группе и отчеты по временным периодам.

*Физическая модель.* Для реализации базы данных необходимо выбрать СУБД. В качестве СУБД выбрана PostgreSQL. Это свободная реляционная система управления базами данных. Данная СУБД обладает следующими преимуществами: свободный доступ, производительность, поддержка множества типов данных (от целых до JSON формата), надежность (соответствие принципам ACID - атомарность, изолированность, согласованность, устойчивость данных), расширяемость (имеется возможность настроить систему, определив языки, агрегаты, индексы и операторы) [4].

Для работы с сервером СУБД PostgreSQL использовалось свободное кроссплатформенное программное обеспечение pgAdmin, в роли графического клиента.

Модель базы данных, создана в бесплатном программном обеспечении для рисования графиков diagrams.net, представлена на рисунке 4.

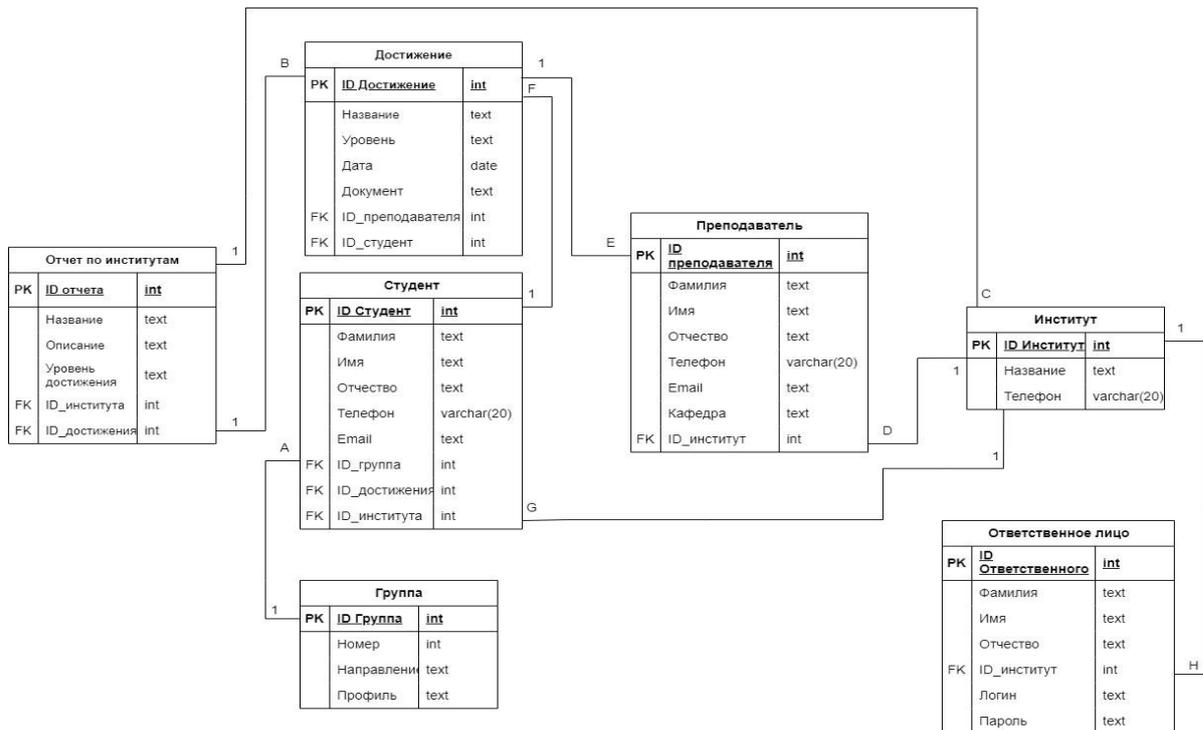


Рис. 4. Схема данных физической модели ИАС «Достижения студентов СурГУ»

*Результаты и обсуждение.* В работе рассмотрены этапы проектирования ИАС, разработана функциональная модель, определяющая ее функции, составлены инфологическая модель предметной области и физическая модель базы данных.

*Заключение.* Разработана функциональная модель. Построена инфологическая модель предметной области, представляющая абстрактную концепцию данных и их связей в контексте ИАС «Достижения студентов СурГУ». На основе инфологической модели, была создана физическая модель, определяющая структуру объектов базы данных. Дальнейшие исследования будут уже связаны непосредственно с разработкой информационно-аналитической системы.

### Литература:

1. Горшенина Е. В. Информационно-аналитические системы как инструмент управления технологиями в цифровой экономике // Экономические исследования. 2020. № 3. С. 1–7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskie-sistemy-kak-instrument-upravleniya-tehnologiyami-v-tsifrovoy-ekonomike> (дата обращения: 05.02.2024).
2. Грозаву И. И. Анализ передовых практик реализации информационных систем учета достижений студентов в российских вузах / И. И. Грозаву, А. Д. Шматко // Междунар. ж-л гуманитар. и естеств. наук. 2020. № 10 (1). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-peredovyh-praktik-realizatsii-informatsionnyh-sistem-ucheta-dosti-zheniy-studentov-rossiyskih-vuzah> (дата обращения: 06.02.2024).
3. diagrams.net: программное обеспечение с открытым исходным кодом, работающее в режиме онлайн, для настольных компьютеров и контейнеров. – URL: <https://app.diagrams.net/> (дата обращения 12.02.2024).
4. В чем разница между MySQL и PostgreSQL? – URL: <https://aws.amazon.com/ru/compare/the-difference-between-mysql-vs-postgresql/> (дата обращения: 08.02.2024).

УДК 004.93'11

## ПРОТОТИП РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

*Курочкин И.С.,*

*магистрант, ya.kurochkin2001@yandex.ru*

*Научный руководитель: Тараканов Д.В., канд. техн. наук, доцент кафедры АиКС  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Данная работа посвящена техническому проекту по разработке прототипа роботизированной системы, способной перемещать детали между мехатронными станциями, обладающими возможностью получения и/или выдачи заготовок. Был проведён анализ систем аналогичного назначения, составлен список необходимого набора функционала для разрабатываемой системы, проведён ряд экспериментов для изучения возможностей робота, разработана программа для прототипа.

**Ключевые слова:** роботизированная система, Robotino, транспортировка, компьютерное зрение

## PROTOTYPE OF A ROBOTIC PARTS TRANSPORTATION SYSTEM

*Kurochkin I.S.,*

*master's Degree student, ya.kurochkin2001@yandex.ru*

*Scientific supervisor: Tarakanov D.V., Ph.D., Associate Professor of the Department of  
Automation and Computer Systems  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** This work is devoted to a technical project for the development of a prototype of a robotic system capable of moving parts between mechatronic stations with the ability to receive and/or issue workpieces. An analysis of systems of a similar purpose was carried out, a list of the necessary set of functionality for the system under development was compiled, a number of experiments were conducted to study the capabilities of the robot, and a program for the prototype was developed.

**Keywords:** robotic system, Robotino, transportation, computer vision

*Введение.* Современную жизнь человека невозможно представить без роботизированных систем: они занимают особую нишу в медицине, в производстве и других сферах. Хотя они уже справляются со многими задачами, человек продолжает искать новые формы, способы использования и применения данных систем.

Очень часто роботизированные системы выполняют работу, которую человек выполнить не может из-за имеющейся угрозы жизни для него. Сделать труд человека безопаснее – это одна из основных задач рассматриваемых систем. Кроме того, такие системы также способны работать эффективнее человека. Человеку свойственно физически уставать, ему требуются частые и продолжительные перерывы для восстановления сил, а роботизированным системам этого не нужно, и они могут выполнять ту работу, которая не допускает перерывов.

Современное технологическое производство трудно представить без применения автоматизированных систем. Одним из представителей такого класса систем можно выделить

мобильные роботизированные системы. Такие системы должны уметь ориентироваться на производстве, выполнять перемещение объектов (деталей, запчастей и т.д.) с одного участка производства на другой, двигаться по предварительно заданному маршруту для этого перемещения.

Цель работы – разработка прототипа роботизированной системы транспортировки деталей.

*Материалы и методы.* В работе был использован учебный комплекс Robotino. Robotino (рис. 1) – робот для обучения и исследовательских целей, выпускаемый компанией Festo Didactic [1]. Данный робот оснащён различными датчиками, сканерами и приводами, которые помогают ему ориентироваться в окружающем его пространстве.

Чтобы добиться поставленной цели, необходимо было решить ряд задач:

1. Исследовать принципы и средства управления учебной мобильной системы Robotino.
2. Изучить возможности среды RobotinoView, посредством которой будет осуществляться организация работы приводов, сканеров и датчиков.
3. Изучить основы программирования Robotino с помощью SmartSoft.
4. Разработать подход к построению маршрута движения робота от станции до станции.
5. Разработать алгоритм взаимодействия робота со станцией.
6. Разработать программу, реализующую упомянутые выше подход и алгоритм в среде RobotinoView.

RobotinoView — это интерактивная графическая среда программирования для Robotino [2]. В данной среде можно отслеживать состояние управляющих сигналов, интерфейсных входов и выходов, показания датчиков, сканеров. Её возможности позволяют ставить перед роботом конкретные задачи и отслеживать их выполнение роботом. Программа для прототипа сформирована в данной среде.

SmartSoft — это компонентный подход к программному обеспечению для робототехники, основанный на коммуникационных шаблонах как основе модели компонентов робототехники [3]. Благодаря SmartSoft появляется возможность использования программы Robotino Factory (рис. 1). Данный программный компонент применяется для ориентирования робота во внешней среде: имеется возможность построить карту местности и задать маршрут. SmartSoft также позволяет в Robotino View использовать уже готовые блоки, которые требуются для навигации и локализации робота.

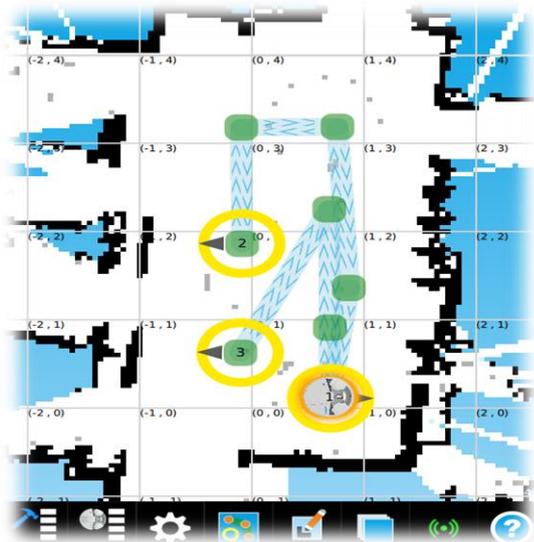


Рис. 1. Robotino Factory

*Результаты.* При разработке прототипа было решено использовать компьютерное зрение. Объекты окружающего робота пространства могут иметь ярлыки. Это позволит системе распознавать объекты и взаимодействовать с ними. В данном проекте объектами для взаимодействия служат станции. Задача данного взаимодействия заключается в приеме/выдаче деталей. Решением данной задачи может быть расположение меток на станции для обозначения места стыковки, т. е. места приема / выдачи деталей.

Применено два типа выравнивания: по одной метке и по двум меткам.

Выравнивание по одной метке (рисунок 2). Для приема/выдачи деталей роботу необходимо произвести стыковку со станцией. На расстоянии более 50 см от станции робот выравнивается по метке таким образом, что место стыковки оказывается в центре получаемого изображения. Меткой служит отрезок клейкой ленты. Центрирование достигается путем движения робота лишь в левую и правую стороны.

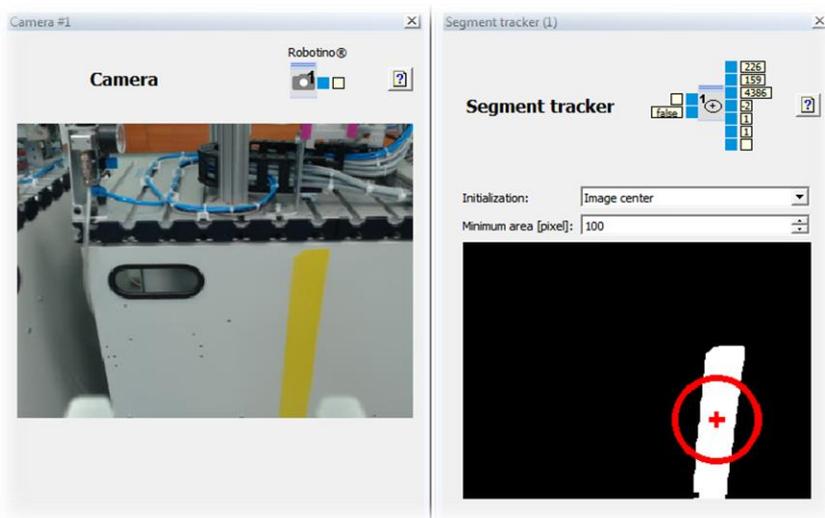


Рис. 2. Выравнивание по одной метке

Выравнивание по двум меткам (рисунок 3). После подъезда к станции на расстояние менее 50 см робот выравнивается по двум меткам, обозначающим концы бортов места стыковки. В результате данного выравнивания робот должен быть расположен таким образом, что зажимные губки захватывающего устройства, установленного на платформе робота, должны оказаться на одних осях с соответствующими (левым и правым) бортами места стыковки. Двигаясь в левую и правую стороны, робот ищет свое положение, при котором середина между метками на бортах не окажется в центре получаемого изображения с камеры, также установленной на платформе. При этом, вращаясь, робот ищет положение, при котором метки будут находиться на одной высоте внутри получаемого изображения.

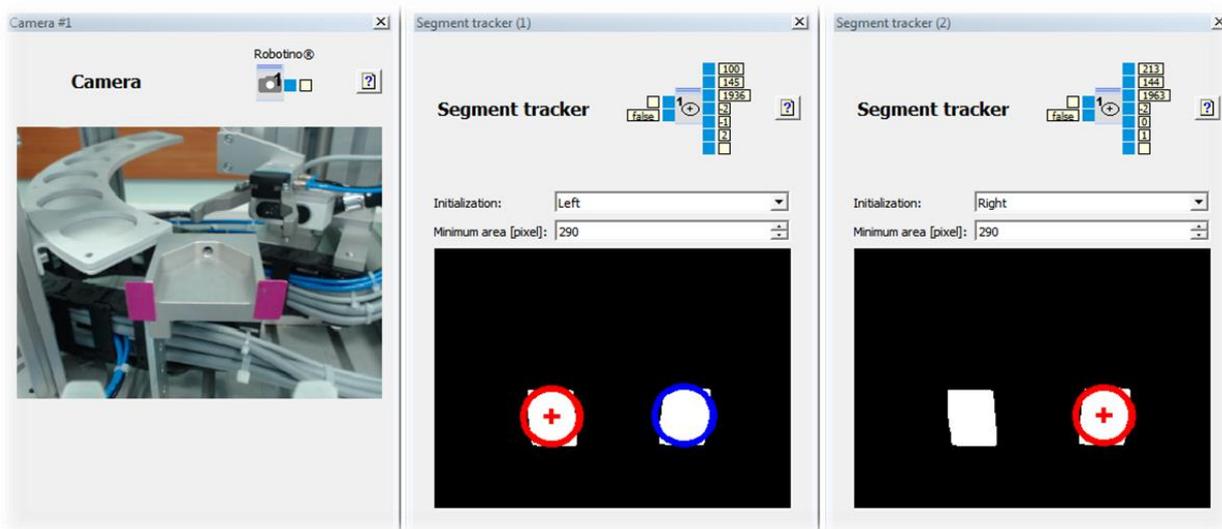


Рис. 3. Выравнивание по двум меткам

Роботизированная система способна работать по схеме «многие ко многим» (рис. 4). Алгоритм схемы предполагает несколько станций-источников (станций, выдающих детали) и несколько станций-приемников (станций для выгрузки детали). Поочередно робот опрашивает каждую из станций-источников и перемещает заготовки на станцию-приёмник. После опроса последней возможной станции-источника робот начнёт новый цикл опроса со станции № 1.

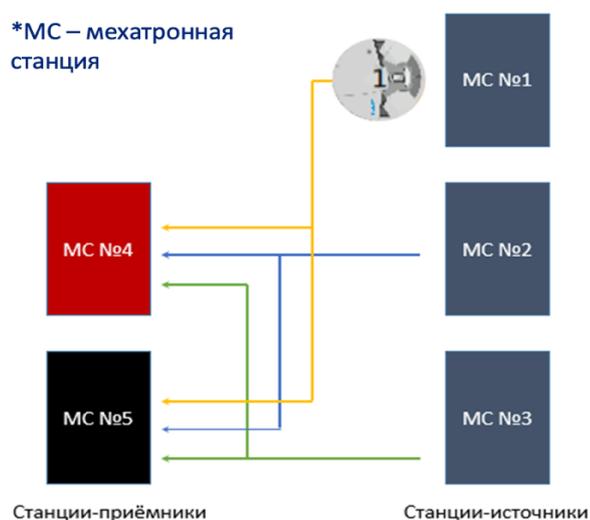


Рис. 4. Схема «Многие ко многим»

*Заключение.*

1. Исследован принцип работы учебной мобильной системы Robotino.
2. Разработан подход к построению маршрута движения робота от одной станции до другой.
3. Разработан алгоритм взаимодействия робота со станцией.
4. Разработана программа, реализующая алгоритм по транспортировке деталей.
5. Проведена экспериментальная проверка работоспособности программы.

**Литература:**

1. Robotino // Википедия. Дата обновления: 19.05.2017. – URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=3829168&oldid=85508745> (дата обращения: 05.03.2024).
2. Programming // Didactic InfoPortal. – URL: <https://ip.festo-didactic.com/> (дата обращения: 10.03.2024).
3. Smartsoft // RobotinoWiki. – URL: <https://wiki.openrobotino.org/> (дата обращения: 10.03.2024).

УДК 004.457

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ «ЕДРО МЕРОПРИЯТИЯ»

*Тунян Э.Г.,*

*магистрант, технический директор ООО «ЕДРО»,  
инженер отдела реализации цифровых проектов  
ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, tunyan@edro.su*

*Сазиков Р.С.,*

*бакалавр, генеральный директор ООО «ЕДРО»,  
инженер ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, sazikov@edro.su*

*Научный руководитель: Гавриленко Т.В., канд. техн. наук, доцент кафедры АСОиУ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается инновационная платформа «ЕДРО Мероприятия», предназначенная для автоматизации организации и проведения IT-событий, таких как хакатоны, сессии game-разработки и других ивентов. Платформа «ЕДРО Мероприятия» предлагает комплексный набор функциональных возможностей, включая создание информационных блоков мероприятий, автоматическую регистрацию участников через QR-коды, генерацию командных комнат и репозиториях на GitHub, автоматическое распределение рабочих мест, управление представлениями работ и систему оценивания для менторов и жюри. Особое внимание уделяется административной панели с возможностями управления событиями, ролями, сертификацией и аналитикой. Результаты апробации платформы на мероприятиях SURGU.GAMEDEV, Digital Challengem, SurGU.Mobile демонстрируют значительное сокращение времени на регистрацию участников, подведение итогов и генерацию сертификатов, подтверждая эффективность автоматизации.

**Ключевые слова:** мероприятия, IT ивенты, автоматизация, участники, сокращение временных затрат, улучшение пользовательского опыта, технологический прогресс

## EVENT AUTOMATION SYSTEM «EDRO EVENTS»

*Tunyan E.G.,*

*master's student, technical director EDRO LLC,  
engineer of the digital projects implementation department  
Federal Scientific Center NIISI RAS, tunyan@edro.su*

*Sazikov R.S.,*

*bachelor, general director EDRO LLC, engineer  
Federal Scientific Center NIISI RAS, sazikov@edro.su*

*Scientific supervisor: Gavrilenko T.V., Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department ASOIU, Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** This article discusses the innovative platform «EDRO Events», designed to automate the organization and holding of IT events, such as hackathons, game development sessions and other events. The EDRO Events platform offers a comprehensive set of functionality, including the creation of event

information blocks, automatic registration of participants via QR codes, generation of team rooms and repositories on GitHub, automatic allocation of jobs, management of work submissions and an assessment system for mentors and juries. Special attention is paid to the administrative panel with event management, roles, certification and analytics capabilities. The results of testing the platform at SURGU.GAMEDEV, Digital Challenge, SurGU.Mobile events demonstrate a significant reduction in the time for registration of participants, summing up and generating certificates, confirming the effectiveness of automation.

**Keywords:** events, IT events, automation, participants, reduction of time costs, improvement of user experience, technological progress.

*Введение.* В современном мире, где технологический прогресс неуклонно ускоряется, важность автоматизации и гибкости процессов организации IT-мероприятий неоспорима. В этом контексте платформа «ЕДРО Мероприятия» занимает особое место, представляя собой универсальное решение для организации, управления и анализа различных событий в сфере информационных технологий, включая хакатоны и сессии по game-разработке. Особое внимание в работе данной системы уделяется формированию цифрового следа участника, что позволяет не только улучшить качество проведения мероприятий, но и предоставить ценную аналитическую информацию о динамике участия и предпочтениях.

Центральным аспектом данного исследования является детальный анализ работы и алгоритмов системы «ЕДРО Мероприятия» с целью выявления потенциальных уязвимостей и аспектов, подлежащих улучшению. Подобное исследование предполагает не только тщательный осмотр существующих функциональных возможностей, но и оценку эффективности текущих алгоритмов работы системы, что станет основой для дальнейшей модернизации и оптимизации.

Ключевым направлением доработки является усовершенствование процессов сбора и анализа цифрового следа участников мероприятий. Это не только повысит общую эффективность платформы, но и обогатит аналитическую базу данных, способствуя более точному пониманию поведения и предпочтений участников. Такой подход позволит адаптировать систему к постоянно изменяющимся требованиям рынка и технологическому прогрессу, гарантируя высокий уровень удовлетворенности пользователей и эффективность проведения IT-мероприятий [1].

*Материалы и методы.* В рамках развития и усовершенствования платформы «ЕДРО Мероприятия», была поставлена задача глубокого анализа работы системы и её алгоритмов с целью выявления и последующего устранения возможных недостатков. Исследование охватило следующие ключевые аспекты:

1. Изучение последних тенденций в автоматизации IT-мероприятий, включая адаптацию и применение новейших технологий и подходов к обработке данных для повышения эффективности платформы.

2. Оценка и внедрение современных архитектурных решений, таких как микросервисная архитектура, для обеспечения необходимой гибкости и масштабируемости системы.

3. Разработка модуля аналитики с использованием передовых языковых моделей для оптимизации обработки пользовательских запросов и улучшения механизмов генерации отчётов.

4. Создание собственной системы видеоконференций для улучшения коммуникации между участниками мероприятий и менторами.

Методологическую основу исследования составили научные работы, посвящённые архитектурам программного обеспечения и информационным технологиям, а также документация и примеры реализации современных IT-систем. Особое внимание было уделено адаптации проверенных архитектурных решений под специфику и требования организации IT-мероприятий.

Применение облачных сервисов, искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые горизонты для совершенствования функциональности и доступности сервисов

автоматизации. Интеграция языковых моделей значительно упрощает взаимодействие с пользователями, облегчая процессы обработки запросов и предоставления информации.

Акцент на развитие собственной системы видеосвязи и интеграции нейронных сетей является ключевым в стремлении к повышению эффективности и удобства платформы. Эти инновации не только улучшают качество обслуживания пользователей, но и способствуют более грамотной организации и проведению мероприятий.

Таким образом, основной фокус данного исследования и последующей оптимизации платформы «ЕДРО Мероприятия» направлен на глубокий анализ системы для выявления её потенциальных недостатков с последующим их устранением. Внедрение современных технологических решений и улучшение коммуникационных каналов позволят не только повысить эффективность платформы, но и сделать её использование максимально комфортным для всех участников процесса.

*Результат.* В ходе проведения трёх пилотных мероприятий на тему «Хакатон», был проведён тщательный анализ работы платформы «ЕДРО Мероприятия». В результате этого анализа были выявлены ключевые области для улучшения:

1. Аналитика участия: Было обнаружено, что платформе не хватает продвинутой аналитики для понимания причин недостаточного интереса к участию в мероприятиях со стороны определенных групп лиц из IT-сферы, включая студентов и профессионалов.

2. Доступ к информации: Существует сложность в получении актуальной информации и частичной генерации данных с использованием нейронных сетей, что затрудняет процесс работы над проектами.

3. Взаимодействие с менторами: Связь между менторами и участниками через видеотрансляции нуждается в улучшении для обеспечения более плавного и эффективного общения.

Для решения выявленных проблем были предложены следующие меры:

1. Развитие аналитических модулей: добавление модулей для анализа цифрового следа участников, основанных на построении карты участия в мероприятиях, позволит лучше понять динамику вовлеченности и предпочтения участников. Это способствует персонализированной рассылке уведомлений и повышает интерес к участию в мероприятиях.

2. Интеграция современных технологий: внедрение чат-бота Mistral AI через API в раздел "Комната команды" позволит участникам воспользоваться передовыми возможностями генерации кода и текста, тем самым обогатив процесс решения задач.

3. Улучшение модуля видеосвязи: интеграция видеоконференц-сервиса Jitsi Meet обеспечит более качественное и удобное взаимодействие между участниками и менторами, устраняя существующие проблемы связи.

Следует отметить, что Jitsi Meet – это открытый и бесплатный сервис для видеоконференций, который не требует регистрации или установки дополнительного ПО, делая его доступным для широкого круга пользователей (Рис. 1). Mistral AI chat (Рис. 2), в свою очередь, представляет собой передовое решение на основе искусственного интеллекта, которое может значительно упростить взаимодействие с пользователем и оптимизировать работу с запросами на различных платформах [2, 3].



Рис. 1. Модуль видеосвязи Jitsi Meet

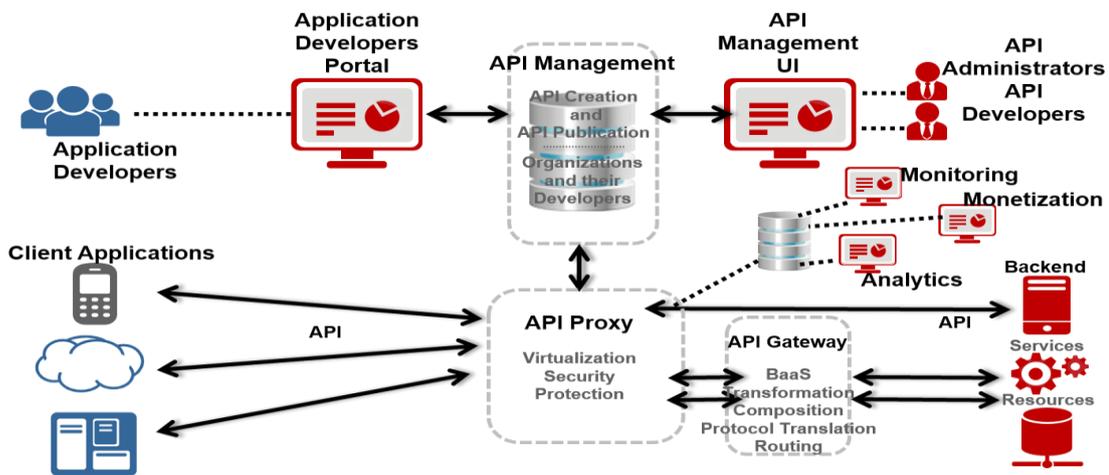


Рис. 2. API интерфейс

Таким образом, предложенные улучшения позволят платформе «ЕДРО Мероприятия» не только повысить эффективность и удобство использования, но и расширить функционал для обеспечения более глубокого анализа и качественного взаимодействия участников мероприятий.

*Заключение.* Исследование и последующая апробация платформы «ЕДРО Мероприятия» в контексте проведения хакатонов, выявили ряд ключевых направлений для её оптимизации и развития. Выделенные проблемные аспекты, такие как недостаток глубокой аналитики участия, трудности с доступом к актуальной информации и недостатки в системе видеосвязи, обозначили пути для улучшения платформы, делая акцент на интеграции передовых технологических решений.

Применение модулей аналитики цифрового следа участника, интеграция чат-бота Mistral AI и улучшение системы видеосвязи через Jitsi Meet предоставят платформе необходимую гибкость, глубину аналитики и удобство использования. Эти меры не только повысят заинтересованность различных групп пользователей в участии в мероприятиях, но и обеспечат более эффективное и плодотворное взаимодействие между участниками и менторами.

Внедрение передовых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, в контексте аналитики и взаимодействия пользователей, открывает новые возможности для оптимизации бизнес-процессов и улучшения пользовательского опыта. Разработка и адаптация таких инноваций в рамках платформы «ЕДРО Мероприятия» подчеркивают ее стремление к постоянному развитию и адаптации к меняющимся требованиям IT-индустрии и ее участников.

Результаты проведённого исследования и апробации подтверждают потенциал платформы «ЕДРО Мероприятия» как мощного инструмента для организации и проведения IT-мероприятий и выделяют ключевые направления для её дальнейшего развития и совершенствования [4].

#### **Литература:**

1. Getting Started. – URL: <https://legacy.reactjs.org/docs/getting-started.html?url=https%3A%2F%2Freactjs.org%2Fdocs%2Fgetting-started.html> (дата обращения: 15.02.2023).
2. Jitsi Meet. – URL: <https://jitsi.github.io/handbook/> (дата обращения: 10.03.2024).
3. Mistral API. – URL: <https://docs.openstack.org/developer/tripleo-docs/mistral-api/mistral-api.html> (дата обращения: 10.03.2024).
4. JavaScript Data Structures and Algorithms. Sammie Bae, 2019. 357 с.

УДК 004.021

## МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СВЕРТКИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ИНВАРИАНТНЫЙ «ГЕНЕТИЧЕСКИЙ» КОД

*Хаматнуров Р.Ф.,*

*магистрант, khamatnurov@edu.surgu.ru*

*Научный руководитель: Гавриленко Т.В., канд. техн. наук, доцент кафедры АСОИУ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматриваются потенциальные механизмы хранения информации с её последующим воспроизведением в виде алгоритма. Одной из ключевых загадок в биосистеме является алгоритм воспроизведения с некоторой точностью топологии сложных биологических систем, которые при полном воспроизведении имеют определённый функционал.

**Ключевые слова:** нейронные сети, «генетический» код, топология, методы и алгоритмы, набор правил, функционал

## METHODS AND ALGORITHMS NEURAL NETWORKS CONVOLUTION INTO INVARIANT AND "GENETIC CODE"

*Khamatnurov R.F.,*

*master's student, khamatnurov@edu.surgu.ru*

*Scientific supervisor: Gavrilenko T.V., Ph.D. Computer Science,  
Professor at the Department of ASOIU Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** The article discusses potential mechanisms for storing information with subsequent consequences in the form of an algorithm. One of the key mysteries in the biosystem is a method based on some principles of the topology of complex biological systems, which, when fully reproduced, acquire some functionality.

**Keywords:** neural networks, "genetic" code, topology, methods and algorithms, set of rules, functionality

*Введение.* Формирование эмбриона живого организма происходит в результате ряда сложных и взаимосвязанных процессов: физических, гидродинамических, химических, топологических и т. д. Эти процессы тесно связаны и контролируются генетической информацией, которая наследуется от родителей и регулируется различными генами и сигнальными молекулами.

Основным вопросом является, как хранится информация в ДНК и, каким образом эта информация содержит функциональные возможности [1].

ДНК, или дезоксирибонуклеиновая кислота, является основной молекулой, хранящей генетическую информацию в живых организмах. Вот некоторые ключевые характеристики ДНК:

1. Функция: Основная функция ДНК - передача генетической информации от одного поколения к другому, контроль наследственных характеристик и развития организма. Она содержит инструкции для синтеза белков, которые являются основными строительными блоками клеток и участвуют во многих биологических процессах.

2. Гены: ДНК организована в специфические участки, называемые генами. Гены кодируются последовательностями нуклеотидов и содержат информацию о строении и функционировании белков. У каждого организма есть уникальный набор генов, который определяет его наследственные характеристики.

3. Репликация: ДНК способна к самовоспроизводству в процессе, называемом репликацией. Это процесс, при котором каждая спираль ДНК разделяется на две отдельные цепи, и каждая из них служит материалом для синтеза новой комплементарной цепи, что позволяет клеткам делиться и передавать генетическую информацию на потомство.

Также важный аспект – формирование топологии живого организма; это ключевой элемент его структуры и функционирования; она отвечает за связь между органами и системами внутри организма. После её формирования «запускается» наиболее важные функции системы. Например, после формирования кровеносной системы, сердце начинает свою работу.

В работе будут исследованы именно эти характеристики ДНК и формирование топологии. В качестве живого организма, обладающим некоторым функционалом доступным сразу же после формирования топологии будет выступать нейронная сеть.

Нейронные сети – это компьютерные модели, которые имели естественными прототипами биологические нейронные сети человека и животных. Они состоят из большого количества связанных между собой искусственных нейронов, организованных в слои. Основные строительные блоки нейронных сетей – это искусственные нейроны; они функционально аналогичны нейронам в мозге: они получают входные сигналы, обрабатывают их и производят выходной сигнал. Каждый нейрон имеет веса, которые определяют важность каждого входного сигнала, а также функцию активации, которая определяет, как нейрон реагирует на сумму входных сигналов. Нейроны организованы в различные слои внутри нейронных сетей. Обычно выделяют три типа слоев: входной слой, скрытые слои и выходной слой. Входной слой принимает входные данные, скрытые слои выполняют обработку данных, а выходной слой генерирует выходные результаты.

Цель работы – разработка методов и алгоритмов, которые свернут нейронную сеть в набор правил, при воспроизведении которых, получается сохранение функционала нейронной сети.

Важная частью является воссоздание топологии. Когда топология организма полностью готова, она обретает некоторые функции. В итоге, воссоздание топологии организма является ключевым аспектом его функционирования и обеспечивает его способность выполнять различные жизненно важные функции. Она определяет взаимосвязи между различными частями организма и обеспечивает его структуру, форму и координацию. Например, оса, как только у неё появятся крылья, она может летать (рисунок 1).



Рис. 1. Стадии формирования тела осы

Изначально формируются лапы и туловище, далее начинает формироваться голова и крылья. Полосы на теле появляются лишь на предпоследней стадии, а крылья в самом конце. Взрослая особь уже приобретает возможность летать.

Примером также может служить кровеносная система человека. Формирование кровеносной системы человека начинается на ранних этапах эмбрионального развития и является ключевым элементом в поддержании жизни. Всё начинается с примитивных кровеносных сосудов, которые формируются из мезодермы – одного из трех зародышевых листков. Эти сосуды постепенно развиваются в более сложную сеть, обеспечивающую транспортировку кислорода и питательных веществ к растущим тканям. Сердце начинает формироваться как простой трубчатый орган, который постепенно изгибается и делится на отделы, превращаясь в сложный насос, способный эффективно перекачивать кровь по всему организму. Этот процесс начинается с появления сердечного бугорка, который разделяется на предсердия и желудочки, формируя четырёхкамерное сердце (рисунок 2). И после этого финального шага, сердце начинает качать кровь по сосудам.

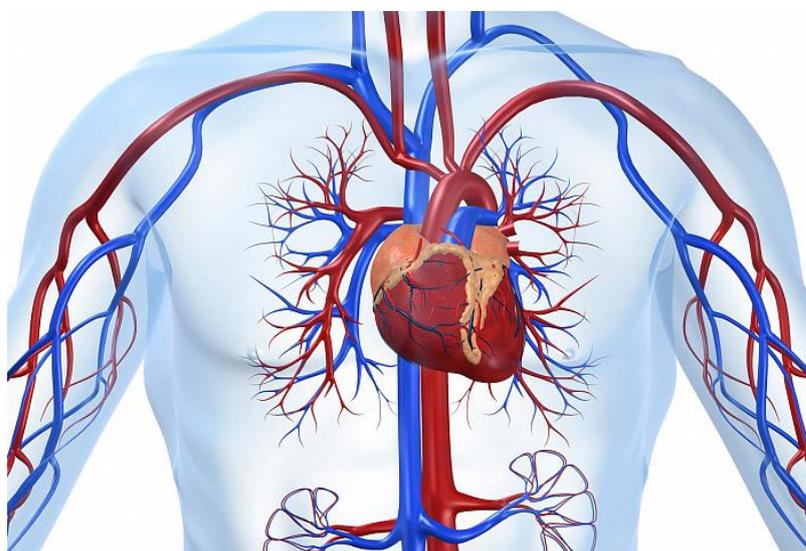


Рис. 2. Сформированная кровеносная система человека

Так как живой организм – это невероятно сложная система, бывают случаи, когда какой-то процесс заканчивается некорректно. Это тоже нужно учитывать.

Для формирования правил необходимо разработать формат данных правил. В этом формате правил будут учитываться вес нейронов в нейронных сетях, для того чтобы корректно воспроизводить функционал сетей при развертке полученных правил.

Применение: Свернутые нейронные сети (СНС) могут быть легко переданы между устройствами с одинаковой архитектурой. После получения правил, эти устройства могут функционировать как единый организм, координируя свои действия. При этом они обладают следующими преимуществами:

- эффективность: СНС требуют меньше вычислительных ресурсов, чем традиционные нейронные сети;
- надежность: СНС более устойчивы к ошибкам и сбоям;
- простота: СНС легко интерпретировать и модифицировать.

Разработанные методы и алгоритмы можно будет использовать и в программном обеспечении.

Аналогично, в процессе разработки и оптимизации свернутых нейронных сетей, важно учитывать «топологию» сети – то есть, как узлы (нейроны) соединяются и взаимодействуют друг с другом. Также, как развитие кровеносной системы требует тщательного планирования и координации для эффективной работы, разработка СНС требует точного проектирования архитектуры сети и настройки весов нейронов, чтобы обеспечить желаемую функциональность и эффективность [2].

Использование принципов, подобных тем, которые лежат в основе развития живых организмов, может сориентировать на создание более эффективных и надёжных нейронных сетей, способных координировать свои действия как единый организм, обладая при этом высокой эффективностью, надёжностью и простотой в интерпретации и модификации.

*Заключение.* Формирование эмбриона живого организма невероятно сложный процесс, который затрагивает различные направления науки. Важной частью является формирование топологии и передача информации в ДНК. Именно эти два аспекта будут рассмотрены в данной работе, на примере свертки нейронных сетей. Свернутые нейронные сети – это мощный инструмент, который может быть использован для создания новых и революционных технологий. Важно использовать эту технологию ответственно и с учетом этических аспектов.

#### **Литература:**

1. Simulation of a living cell // Official website of the ANO Center for Interdisciplinary Research named after. S. P. Kurdyumov “Sretensky Club”. – URL: [https://spkurdyumov.ru/uploads/2014/09/modelirovanie\\_zhivoi\\_kletki.pdf](https://spkurdyumov.ru/uploads/2014/09/modelirovanie_zhivoi_kletki.pdf).
2. Bessmertny I. A. Intelligent systems. Textbook and practice. / I. A. Bessmertny, A. B. Nugumanova, A. V. Platonov. M.: URAIT, 2017. 244 p.

УДК 004.41

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ БОТАНИЧЕСКОГО САДА

*Черных Д.С.,*

*студент бакалавриата, chernikh\_ds@edu.surgu.ru*

*Научный руководитель: Еловой С.Г., ст. преподаватель кафедры ИВТ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Статья описывает важность разработки мобильных приложений для ботанических садов, воспользовавшись передовыми технологиями. Это направление играет ключевую роль в цифровизации ботанических садов, предоставляя доступ к информации о растениях и создавая возможности для интерактивного обучения и исследования. В работе рассматриваются методы и материалы, применяемые при разработке таких приложений, включая проектирование интерфейсов с использованием концептуальных моделей и диаграмм потоков данных по стандарту BPMN (Business Process Model and Notation). Основное внимание уделяется значению создания удобного и интуитивно понятного интерфейса для успешной реализации проекта. В рамках работы также проводится анализ и визуализация концептуальной модели, а также предоставляются примеры диаграмм BPMN, демонстрирующие взаимодействие пользователей с приложением в контексте различных ботанических процессов, включая поиск растений, уход за растениями и другие.

**Ключевые слова:** mobile applications, digitalization, botanical garden, conceptual model, BPMN diagram

## DESIGNING A MOBILE APPLICATION FOR A BOTANIC GARDEN

*Chernikh D.S.,*

*undergraduate student, chernikh\_ds@edu.surgu.ru*

*Scientific supervisor: Elovoy S.G., Senior Lecturer,  
Department of Computer Science and Technology  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** The article describes the importance of developing mobile applications for botanical gardens, taking advantage of advanced technologies. This area plays a key role in the digitalization of botanical gardens, providing access to information about plants and creating opportunities for interactive learning and research. The paper discusses the methods and materials used in the development of such applications, including the design of interfaces using conceptual models and diagrams of data flows according to the BPMN (Business Process Model and Notation) standard. The main focus is on the importance of creating a user-friendly and intuitive interface for the successful implementation of the project. The work also analyzes and visualizes the conceptual model, and provides examples of BPMN diagrams demonstrating user interaction with the application in the context of various botanical processes, including plant search, plant care, and others.

**Keywords:** face recognition, identification, neural network, data augmentation, neural network training, conceptual model, BPMN diagram

*Введение.* В сфере ботанических садов, эффективное взаимодействие между сотрудниками является ключевым элементом успешной работы. Разработка мобильного приложения, предназначенного специально для сотрудников ботанического сада, является неотъемлемой частью цифровизации этой области [1, 2].

Такое приложение будет предоставлять сотрудникам удобные инструменты для координации и организации рабочих процессов. Оно будет включать в себя функционал мессенджера для обмена сообщениями и оперативного решения задач, карты сада с пометками о местоположении различных растений и объектов, а также галерею для обмена и сохранения фотографий [1, 3].

Кроме того, в приложение можно интегрировать каталог растений с подробной информацией о каждом виде, инструкциями по уходу и обслуживанию, а также возможностью добавления заметок и отчетов о состоянии растений.

*Материалы и методы.* Объектом исследования в данной работе является разработка мобильного приложения для ботанического сада с использованием передовых технологий. Проектирование моделей предметной области является ключевым этапом в создании программного продукта, поскольку оно помогает глубже понять суть предметной области, выделить основные сущности и их взаимосвязи, а также определить основные требования к системе.

В данной работе используются методы, позволяющие создать удобный и интуитивно понятный интерфейс мобильного приложения. Для этого применяются концептуальные модели и диаграммы пользовательских потоков. Концептуальные модели представляют собой абстрактные структуры, отображающие основные сущности и их взаимодействия в предметной области приложения. Они помогают разработчикам визуализировать логику работы системы и определить основные функциональные требования.

Диаграммы пользовательских потоков, в свою очередь, используются для моделирования интерфейса приложения и взаимодействия пользователя с ним. Они позволяют определить последовательность действий пользователя и учесть его потребности и ожидания при проектировании интерфейса.

Концептуальная модель мобильного приложения для ботанического сада включает в себя основные компоненты и взаимосвязи между ними, необходимые для обеспечения удобства использования и функциональности приложения.

Этот подход к проектированию приложения позволяет создать продукт, который будет отвечать потребностям пользователей и обеспечивать удобство в использовании, что является ключевым фактором успеха в разработке мобильных приложений [4].

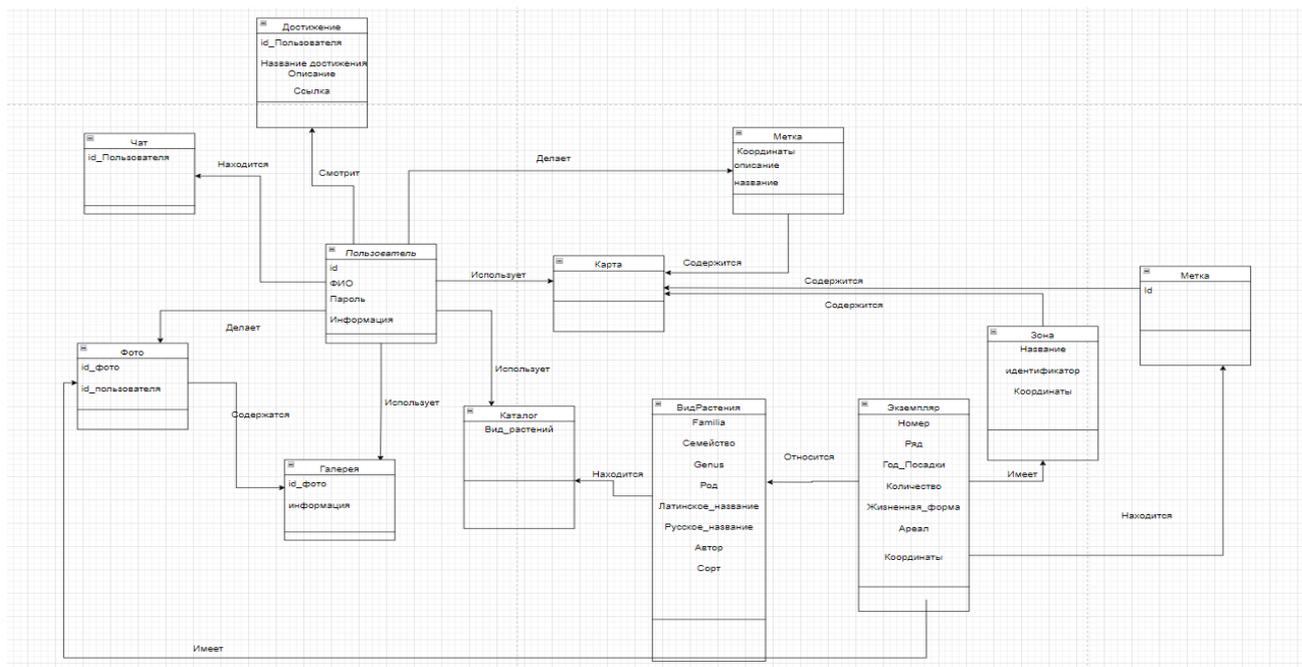


Рис. 1. Концептуальная модель предметной области

На рисунке 1 представлены сущности и взаимосвязи между ними, представленные в рамках концептуальной модели предметной области. В модели присутствуют следующие сущности:

1. «Пользователь» мобильного приложения, который взаимодействует с ним.
2. «Экземпляр растений», который относится к сущности «ВидРастения», а также содержит метку, зону, фотографию.
3. Исходное «Фото»: изображение, разделяющееся на тестовые и обучающие фотографии. Оно является исходным источником данных для обучения и тестирования нейронной сети.
4. «ВидРастений», находятся в каталоге, где будут отображены все виды растений.
5. «Фото» будут расположены в галерее.
6. «Метки» и «Зона» будут отображаться на карте.
7. «Достижения», пользователь сможет смотреть или добавлять новые.

VRPN диаграмма представляет собой инструмент визуализации бизнес-процессов, который используется для анализа, управления и оптимизации работы организации [5]. Этот графический язык моделирования позволяет четко представить последовательность действий, событий и условий перехода между ними в рамках конкретного процесса. Он является эффективным средством взаимодействия между разработчиками и бизнес-аналитиками, помогая им лучше понять и оптимизировать бизнес-процессы.

VRPN диаграммы способствуют улучшению бизнес-процессов, их оптимизации и обеспечивают более эффективное взаимодействие между участниками. Представленная на рисунке 2 VRPN диаграмма является инструментом для анализа и визуализации конкретного бизнес-процесса, что позволяет лучше понять его структуру и последовательность действий.

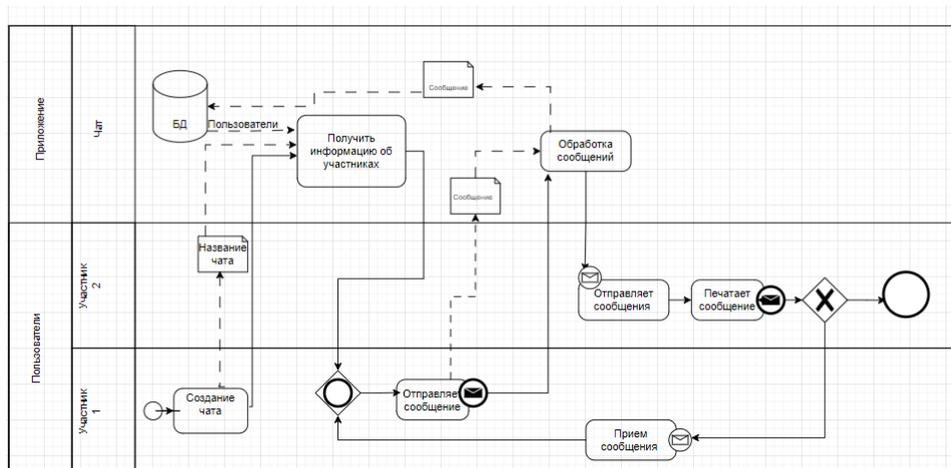


Рис. 2. BPMN диаграмма

BPMN диаграмма – это процесс обмена сообщениями между двумя пользователями; первый – создает чат для общения, присваивает ему название и в него добавляются участники. Пользователь отправляет сообщение, поступающее на обработку; его получает второй пользователь – он делает аналогичную работу, отвечает на сообщение и происходит новый цикл отправки сообщения.

*Заключение.* В данной работе была рассмотрена актуальная тема развития технологий в области мобильных приложений с упором на функциональность, связанную с ботаническими садами. Создание мобильного приложения для ботанического сада представляет собой перспективное направление в сфере цифровизации и обеспечения удобства сотрудников.

Процесс разработки и внедрения приложения требует высокой технической экспертизы, понимания предметной области и учета требований пользователей. Проектирование предметной области с использованием концептуальных моделей и BPMN диаграмм позволяет четко определить структуру и логику работы системы, что обеспечивает успешную реализацию проекта.

В мобильном приложении для ботанического сада концептуальные модели помогают визуализировать основные сущности и взаимосвязи, такие как каталог растений, галерея изображений, интерактивные карты и мессенджер для взаимодействия сотрудников. BPMN диаграммы могут использоваться для моделирования бизнес-процессов внутри приложения, например, процесса обработки заказов на экскурсии или процесса обратной связи с посетителями.

Такой подход к проектированию мобильного приложения обеспечивает его функциональность, удобство использования и соответствие потребностям пользователей, что является ключевым фактором успешной реализации проекта.

### Литература:

1. Грин М. React Native. Разработка мобильных приложений. Кудиц-Пресс, 2019.
2. Ботанические сады России: офиц. сайт. – URL: <https://www.botanichka.ru/> (дата обращения: 15.03.2024).
3. MDN Web Docs – JavaScript. – URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript> (дата обращения: 16.03.2024).
4. Ламран К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Практическое руководство. 3-е изд. М.: И.Д. Вильямс, 2013. 736 с.
5. Репин В. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN. Пособие для начинающих. Часть I. Издательские решения, 2019.

*Секция II.*

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ*

УДК 004.043

**МНОГОРАЗРЯДНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ  
КАК ОБЛАСТЬ ПРИЛОЖЕНИЯ МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКИ**

*Золотарева Н.С.,  
аспирант, zolotareva\_ns@surgu.ru*

*Научный руководитель: Инютин С.А., д-р техн. наук, профессор кафедры АиКС  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Были разработаны форматы представления числа в модулярной системе счисления квадратичного диапазона: классическое представление и каноническое представление. Рассмотрены модульные операции модулярной системы счисления квадратичного диапазона, алгоритмы выполнения этих операций, выполнена оценка сложности этих алгоритмов.

**Ключевые слова:** многоразрядные вычисления, модулярная система счисления одинарного диапазона, модулярная система счисления квадратичного диапазона, модульные операции, математическое моделирование, программирование на языке Python, оценка сложности алгоритмов

**MULTI-BIT COMPUTING  
AS AN APPLICATION AREA OF MODULAR ARITHMETICS**

*Zolotareva N.S.,  
graduate student, zolotareva\_ns@surgu.ru*

*Scientific supervisor: Inyutin S.A., Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department of A&CS Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** The quadratic range in the modular number system has not been used previously, unlike the single range. The modular number system with quadratic range provides an efficient way to implement modular operations, that is, additive and multiplicative operations.

**Keywords:** multi-digit calculations, modular number system of a single range, modular number system of a quadratic range, modular operations, mathematical modeling, programming in Python, estimation of the complexity of algorithms

*Введение.* Области приложения, в которых оперируют с многоразрядными числами, обширны и имеют большую значимость в развитии науки. Условно их можно поделить на две части. Классические области: решение сложных проблем в прикладной и вычислительной теории чисел. И новые области: космология, точные химические, биохимические, технические технологии и др. Перечисленные науки требуют расчеты повышенной точности. Повышение точности приводит к

увеличению разрядности обрабатываемых данных, а это в свою очередь приводит к вычислениям с переменными в больших и сверхбольших диапазонах.

Производительность и временные ограничения – это два критических параметра, которые неизбежны для вычислительных устройств, работающих с многоуровневыми числами. Необходимо распараллеливание вычислительного процесса. Распараллеливание на уровне машинных операций приводит к увеличению быстродействия выполнения операций. Именно это свойство требует своего внимания к модулярной системе счисления, которая обладает свойством параллельного выполнения арифметических операций. В конце 1950-х годов модулярная система счисления получила мощное развитие и техническое воплощение в системах специального назначения благодаря работам советских ученых Ф.В. Лукина, Д.И. Юдицкого, И.Я. Акушского, удостоенных трех государственных премий.

Целью исследования является разработка теоретических основ и методов моделирования модульных операций, ориентированные на вычисления с многоуровневыми числами на основе модулярной системы счисления (МСС) квадратичного диапазона.

*Материалы и методы.* Методы исследования основываются на применении математического аппарата высшей алгебры, методов математического и компьютерного моделирования, теории чисел, теории алгоритмов. Также применяются результаты исследований российских ученых (В.М. Амербаев, И.Я. Акушский, Д.И. Юдицкий, С.А. Инютин, Н.И. Червяков, М.В. Лобес, И.Н. Лавриненко) [1-3].

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Провести анализ теоретических и практических разработок отечественных и зарубежных специалистов выполнения алгоритмов модульных операций в МСС квадратичного диапазона.
2. Представить математическое описание методов выполнения модульных операций в МСС квадратичного диапазона.
3. Разработать программы, моделирующие выполнение алгоритмов на компьютере.
4. Выполнить оценку сложности алгоритмов.

По аналогии с МСС одинарного диапазона, введем МСС квадратичного диапазона целых модулярных величин для вычислений в больших и сверхбольших компьютерных диапазонах.

*Определение.* Будем выполнять операции с остатками или вычетами некоторого числа  $\bar{A}$ :  $\bar{\alpha}_1 = \bar{A}(\text{mod } p_1^2)$ ,  $\bar{\alpha}_2 = \bar{A}(\text{mod } p_2^2)$ , ...,  $\bar{\alpha}_n = \bar{A}(\text{mod } p_n^2)$ , где  $p_1^2, p_2^2, \dots, p_n^2$  – модули, не содержащие общих делителей (взаимнопростых). Множество чисел, над которыми можно выполнять операции модулярной арифметики, – это  $P^2 = p_1^2 \cdot p_2^2 \cdot \dots \cdot p_n^2$  (произведение модулей), вычеты определяются как  $\bar{\alpha}_i = \bar{A} - \left\lfloor \frac{\bar{A}}{p_i^2} \right\rfloor p_i^2, i = 1, 2, \dots, n$ ,  $\left\lfloor \frac{\bar{A}}{p_i^2} \right\rfloor$  – целая часть меньшая или равная числу. Любое целое положительное число  $\bar{A}$  из диапазона  $P^2$  можно представить в виде набора остатков от деления этого числа на выбранные основания системы, то есть  $\bar{A} = (\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \dots, \bar{\alpha}_n)$ .

*Определение.* Каноническое представление числа в МСС квадратичного диапазона имеет вид:

$$\bar{A}(\text{mod } P^2) \leftrightarrow \alpha_i + k_i \cdot p_i(\text{mod } p_i^2),$$

где  $\bar{\alpha}_i \equiv \bar{A}(\text{mod } p_i^2)$ ,

$$\alpha_i \equiv \bar{A}(\text{mod } p_i)$$

$$\alpha_i \equiv \bar{\alpha}_i(\text{mod } p_i) = |\bar{\alpha}_i|_{p_i}(\text{mod } p_i^2),$$

$$k_i \equiv \left\lfloor \frac{\bar{\alpha}_i}{p_i} \right\rfloor = \frac{\bar{\alpha}_i - |\bar{\alpha}_i|_{p_i}}{p_i}.$$

Для канонического представления пара  $(\alpha_i, k_i)$  хранится в двух машинных словах серийного компьютера при выборе оснований МСС, меньших максимального значения машинного диапазона. Каноническое представление применяется для операции деления в МСС квадратичного диапазона.

*Модульные аддитивные операции.* К базовым модульным аддитивным операциям МСС квадратичного диапазона относятся модульное сложение и модульное вычитание. Рассмотрим перечисленные операции.

Модульное сложение в МСС квадратичного диапазона. Пусть в МСС квадратичного диапазона заданы числа  $\bar{A}$  и  $\bar{B}$  в каноническом представлении:

$$\bar{A}(\text{mod}P^2) \leftrightarrow \alpha_i + k_i \cdot p_i(\text{mod}p_i^2),$$

$$\bar{B}(\text{mod}P^2) \leftrightarrow \beta_i + n_i \cdot p_i(\text{mod}p_i^2).$$

Необходимо вычислить сумму:

$$\bar{C} = \bar{A} + \bar{B}(\text{mod}P^2).$$

Для операции модульного сложения выполняются соотношения:

$$\forall i = 1, 2, \dots, n: c_i + m_i p_i \equiv \alpha_i + \beta_i + (n_i + k_i) \cdot p_i(\text{mod}p_i^2)$$

или

$$c_i = |\alpha_i + \beta_i|_{p_i}(\text{mod} p_i) = \alpha_i + \beta_i - e_i p_i,$$

$$\text{где } \begin{cases} e_i = 0, \text{ при } \alpha_i + \beta_i < p_i \\ e_i = +1, \text{ при } \alpha_i + \beta_i \geq p_i \end{cases}$$

$$m_i = |k_i + n_i + e_i|_{p_i}(\text{mod} p_i) = k_i + n_i + e_i - y_i p_i,$$

$$\text{где } \begin{cases} y_i = 0, \text{ при } k_i + n_i + e_i < p_i \\ y_i = +1, \text{ при } k_i + n_i + e_i \geq p_i \end{cases}$$

Модульное вычитание в МСС квадратичного диапазона. Необходимо вычислить разность:

$$\bar{D} = \bar{A} - \bar{B}(\text{mod}P^2).$$

Для операции модульного вычитания выполняются соотношения:

$$\forall i = 1, 2, \dots, n: d_i + u_i p_i \equiv \alpha_i - \beta_i + (n_i - k_i) \cdot p_i(\text{mod}p_i^2)$$

или

$$d_i = |\alpha_i - \beta_i|_{p_i}(\text{mod} p_i) = \alpha_i - \beta_i - e_i p_i,$$

$$\text{где } \begin{cases} e_i = -1, \text{ при } -p_i < \alpha_i - \beta_i < 0 \\ e_i = 0, \text{ при } 0 \leq \alpha_i - \beta_i < p_i \end{cases}$$

$$u_i = |k_i - n_i + e_i|_{p_i}(\text{mod} p_i) = k_i - n_i + e_i - x_i p_i,$$

$$\text{где } \begin{cases} x_i = -1, \text{ при } -p_i < k_i - n_i + e_i < 0 \\ x_i = 0, \text{ при } 0 \leq k_i - n_i + e_i < p_i \end{cases}$$

Таким образом аддитивные операции выполняются по правилам:

$$\bar{A} \pm \bar{B}(\text{mod}P^2) \leftrightarrow \left( \dots, \left( |\alpha_i \pm \beta_i|_{p_i}(\text{mod} p_i), \left| k_i \pm n_i + \left[ \frac{\alpha_i \pm \beta_i}{p_i} \right] \right|_{p_i}(\text{mod} p_i) \right), \dots \right).$$

*Модульные мультипликативные операции.* В МСС квадратичного диапазона к мультипликативным модульным операциям относятся модульное умножение.

Модульное умножение в МСС квадратичного диапазона. Необходимо вычислить произведение:

$$\bar{C} = \bar{A} \cdot \bar{B}(\text{mod}P^2).$$

Для операции модульного умножения выполняются соотношения:

$$\forall i = 1, 2, \dots, n: c_i + m_i p_i \equiv |\alpha_i \cdot \beta_i|_{p_i} + \left| (n_i \cdot \alpha_i + k_i \cdot n_i + \left[ \frac{\alpha_i \cdot \beta_i}{p_i} \right]) \right|_{p_i} \cdot p_i(\text{mod}p_i^2)$$

или

$$c_i = |\alpha_i \cdot \beta_i|_{p_i}(\text{mod} p_i) = \alpha_i \cdot \beta_i - e_i p_i,$$

$$\text{где } \begin{cases} e_i = 0, \text{ при } \alpha_i \cdot \beta_i < p_i \\ e_i = \left\lfloor \frac{\alpha_i \cdot \beta_i}{p_i} \right\rfloor, \text{ при } \alpha_i \cdot \beta_i \geq p_i \end{cases}$$

$$m_i = |k_i \cdot \beta_i + n_i \cdot \alpha_i + e_i|_{p_i} \pmod{p_i} = k_i \cdot \beta_i + n_i \cdot \alpha_i + e_i - y_i p_i,$$

$$\text{где } \begin{cases} y_i = 0, \text{ при } k_i \cdot \beta_i + n_i \cdot \alpha_i + e_i < p_i \\ y_i = \left\lfloor \frac{k_i \cdot \beta_i + n_i \cdot \alpha_i + e_i}{p_i} \right\rfloor, \text{ при } k_i \cdot \beta_i + n_i \cdot \alpha_i + e_i \geq p_i \end{cases}$$

*Результаты.* Над числами  $A = 4294967296^2$  и  $B = 1073741824^2$  в МСС с основаниями  $p_1 = 32765^2, p_2 = 32767^2, p_3 = 32768^2, p_4 = 32769^2, p_5 = 32771^2$  выполнены операции сложения, вычитания и умножения. Диапазон системы определится как  $P^2 = p_1^2 \cdot p_2^2 \cdot p_3^2 \cdot p_4^2 \cdot p_5^2 = 37778931511113441116160^2$ .

На высокоуровневом языке программирования Python были разработаны алгоритмы выполнения рассмотренных модульных операций. Приведем результаты расчетов разработанных алгоритмов (рис. 1).

```
Base - основания, P - модулярный диапазон, выполнение арифметических операций A=
(2^32)^2, B=(2^30)^2 сложения, вычитания и умножения p_1=32765**2, p_2=32767**2,
p_3=32768**2,p_4=32769**2,p_5=32771**2
Base = [1073545225, 1073676289, 1073741824, 1073807361, 1073938441] M = 1427247
666121400111436892939522355626613145600
(60157917, 2228173, 0, 1071579086, 1013772262)
(53080515, 1966035, 0, 1071841236, 1020850636)
(583846216, 4194192, 0, 1069612945, 491768289)

На 1000 итераций функции test_add потребовалось 0.0387895000167191 с.
На 1000 итераций функции test_sub потребовалось 0.06318920000921935 с.
На 1000 итераций функции test_mul потребовалось 0.06581129998085089 с.
>>>
```

Ln: 595 Col: 0

Рис. 1. Результаты расчетов выполнения операций сложения, вычитания и умножения

Для обозначения оценки сложности алгоритмов используется -нотация, которая определяет характеристики функции показывающей, как изменяется вычислительная сложность алгоритма при изменении количества входных данных в худшем случае.

Введем обозначения:  $O(n)$  – оценка количества операций, где  $n$  – это количество модулярных оснований на входе алгоритма. Из таблицы 1 видно, что сложность рассматриваемых алгоритмов квадратичная.

Таблица 1.

Оценка сложности методов выполнения модульных операций в МСС квадратичного диапазона

Операции	Оценка количества	Общая сложность
Сложение и вычитание		
Умножение	$O(n)$	$O(n^2)$
Сложение	$O(n)$	
Умножение		
Умножение	$O(n)$	$O(n^2)$
Сложение	$O(n)$	

*Заключение.* Преимущество МСС квадратичного диапазона в том, что модулярные основания могут поместиться в машинное слово, если не хранить квадраты, а все операции должны проводиться в каноническом представлении. Квадратичный диапазон в МСС не применялся ранее, в отличие от одинарного диапазона. МСС с квадратичным диапазоном дает эффективный способ реализации модульных операций, то есть аддитивных и мультипликативных операций.

#### **Литература:**

1. Акушкин И. Я., Юдицкий Д. И. Машинная арифметика в остаточных классах. М.: Советское радио, 1968. 439 с.
2. Инютин С. А. Комплексование систем счисления для многоуровневых вычислительных процессов // Информационные технологии. Т. 24. № 12. 2018. С. 782–790.
3. Инютин С. А. Анализ сложности многоуровневых вычислительных процессов // Научные труды МАТИ. 2014. Вып. 22 (94). С. 154–159.

УДК 621.391

## ДУБЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ В SCADA-СИСТЕМАХ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Шабанов Р.Р.,*

*аспирант, shabanov.rasim@bk.ru*

*Научный руководитель: Увайсов С.У., д-р техн. наук, профессор кафедры РТuМ  
Дагестанский государственный технический университет, Махачкала, Россия*

**Аннотация.** В статье исследуется информационная безопасность Scada-системы различных предприятий ответственного назначения от внешних злонамеренных воздействий. Рассматривается анализ структуры и уязвимые узлы АСУ ТП. Предложен способ выявления и обнаружения ложных показаний в потоке передачи данных от датчиков нижнего уровня системы.

**Ключевые слова:** Scada-система, интеллектуальные датчики, информационная безопасность, электрические сигналы

## DUPLICATION OF INTELLIGENT SENSORS IN SCADA SYSTEMS OF RESPONSIBLE PURPOSE

*Shabanov R.R.,*

*postgraduate student, shabanov.rasim@bk.ru*

*Scientific supervisor: Uvaysov S.U., PhD technical sciences, Professor of the Department of RTiM  
Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia*

**Annotation.** The article explores the information security of the Scada system of various enterprises of responsible purpose from external malicious influences. The analysis of the structure and vulnerable nodes of the automated process control system is considered. A method for detecting and detecting false readings in the data transmission stream from the sensors of the lower level of the system is proposed.

**Keywords:** Scada system, intelligent sensors, information security, electrical signals

*Введение.* На предприятиях, использующих автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), возникает необходимость защиты информации от несанкционированного доступа к данным и управляющим устройствам [1]. С недавнего времени повысилась активность взлома не только программного комплекса высшего уровня АСУ ТП, называемая Scada-система, но и устройств низшего уровня, таких как программируемые логические контроллеры (ПЛК) и интеллектуальные датчики (ИД) [3]. Злоумышленники, воздействуя на интеллектуальные датчики, передают системе управления ложные показания, что приводит к негативным последствиям и срыву производства [5]. Переход на уязвимые к злонамеренным воздействиям устройства объясняется тем, что современные технологии предъявляют высокие требования к производительности. Поэтому исследование данной проблемы и разработка системы информационной безопасности является актуальной задачей.

Цель исследования – повышение безопасности Scada-системы управления технологическим процессом ответственного назначения.

*Материалы и методы.* В исследовании поставлены следующие задачи:

1. Изучить подробно Scada-систему различных предприятий, подвергнувшихся кибератаке.
2. Провести анализ несанкционированного доступа на различных предприятиях за 20 лет.
3. Выявить уязвимые устройства в системе.
4. Рассмотреть способы обнаружения ложных показаний передаваемых данных.

Scada-система представляет собой программно-аппаратный комплекс АСУ ТП, и предназначен для сбора данных с устройств нижнего уровня (датчики, ПЛК и пр.), хранения информации, представления оператору в надлежащей форме этих данных, а также она оказывает управляющее воздействие на ход технологического процесса производства. Интеллектуальные датчики находятся на самом нижнем уровне в иерархии. Они передают данные на ПЛК, которые находятся на уровень выше [4, 5]. Именно эти устройства подвергаются кибератаке, потому как не имеет столь высокий уровень защиты, как Scada-система. По результатам экспертизы, после различных инцидентов, было установлено, что устройства ПЛК и интеллектуальные датчики были заражены вирусом ещё на этапе их производства.

*Результаты.* По итогам исследования можно сделать вывод, что достоверную информацию можно получить, используя аналоговые датчики. Предлагаемый способ выявления несоответствия показания интеллектуальных датчиков с действительными значениями заключается в сравнении этих показаний с данными аналоговых датчиков. Возможны два способа сравнения сигналов: аналоговый и цифровой. Первый способ подразумевает преобразование цифрового сигнала ИД в аналоговый с последующим сравнением с сигналом аналогового датчика посредством дифференциального усилителя ДУ. Разность сигналов характеризуется величиной потенциала на выходе ДУ. Этот потенциал подается на вход компаратора. Компаратор коммутирует ИД с выходом устройства до тех пор, пока потенциал на выходе ДУ не сравнится с некоторым опорным значением, задаваемым заранее. Если разность показания датчиков выйдет за пределы допуска, то компаратор прекращает сквозную передачу данных от ИД и на выход поступают данные от аналогового датчика. Вместе с тем, включается оповещение о несоответствии показаний двух датчиков [2].

Цифровой способ осуществляется с помощью микроконтроллера (МК): МК преобразует аналоговый сигнал в цифровой. Алгоритм программы задан по принципу циклического сравнения показаний датчиков. При выходе за пределы допуска программа переключает дублирование значения выходного порта с входным портом ИД на входной порт аналогового датчика.

*Заключение.* Предлагаемый способ сравнения показаний датчиков позволит повысить информационную безопасность Scada-систем управления технологических процессов, как от злонамеренных воздействий, так и от технического сбоя работы ИД.

#### Литература:

1. Интеллектуальные SCADA-системы: истоки и перспективы. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-scada-sistemy-istoki-i-perspektivy?ysclid=ltsnn3o3rr902615192>.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Монография / Пер. с англ. Б. Н. Бронина и др. 6-е изд. М.: Бином, 2023.
3. Небольшой сбой или техногенная катастрофа? Чем так страшны атаки на SCADA. – URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/543713.php?ysclid=ltsntdr7ia912694661>.
4. Анализ актуальных уязвимостей SCADA-Систем. – URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65586/1/978-5-7996-2404-0\\_2018-23.pdf?ysclid=ltsnth7s823841807](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65586/1/978-5-7996-2404-0_2018-23.pdf?ysclid=ltsnth7s823841807).
5. Причинный анализ критических уязвимостей системы контроля и сбора данных SCADA. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prichinnyy-analiz-kriticheskikh-uyazvimostey-sistemy-kontrolya-i-sbora-dannyh-scada?ysclid=ltsnuo6trw153425195>.

УДК 004.4'2

## МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «CANCERNEO – МОБИЛЬНЫЙ АССИСТЕНТ ПАЦИЕНТА»

*Саяпин П.А.,*

*студент, sayapin\_pa@edu.surgu.ru*

*Научные руководители: Запезалова Л.Ю., канд. техн. наук, доцент кафедры АиКС*

*Емельянов С.Н., ст. преподаватель кафедры АиКС*

*Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** В современном мире информационные технологии играют важную роль в процессе лечения пациента. Особую роль играют инструменты самоконтроля и информированности пациента о заболевании. В статье рассматривается проблема отсутствия таких инструментов для пациентов с нейроэндокринными опухолями (НЭО). И приводится вариант решения в виде мобильного приложения «CancerNEO – мобильный ассистент пациента».

**Ключевые слова:** нейроэндокринные опухоли, мобильное приложение, вспомогательные инструменты, маршрутизация лечения, информационная поддержка

## MOBILE APPLICATION “NEO – MOBILE PATIENT ASSISTANT”

*Sayapin P.A.,*

*student, sayapin\_pa@edu.surgu.ru*

*Scientific supervisors: Zapevalova L.Y., Associate professor at the of the AICs Department*

*Yemelyanov S.N., senior lecturer of the AICs Department*

*Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** In the modern world, information technology plays an important role in the patient's treatment process. Tools for self-control and patient awareness of the disease play a special role. The article discusses the problem of the lack of such tools for patients with neuroendocrine tumors (NEO). And a solution option is provided in the form of a mobile application «NEO — mobile patient assistant».

**Keywords:** neuroendocrine tumors, mobile application, auxiliary tools, treatment routing, information support

*Введение.* Важную роль в лечении пациента играет его осознанность состояния здоровья. Пациент должен знать, что с ним происходит и принимать решения вместе с врачом, быть активным участником процесса. Основной акцент при этом направлен на профилактику прогрессирования заболевания и улучшение качества жизни пациентов [1, 2, 3].

Когда пациент сталкивается с орфанным заболеванием, то источников для такой осознанности он имеет крайне мало. Нейроэндокринные опухоли относятся к орфанным онкологическим заболеваниям [4]. Помощь пациентам может оказать мобильное приложение.

*Конкурентный анализ.* С развитием информационных технологий широкое распространение получили мобильные приложения, помогающие людям в решении тех или иных задач, связанных со здоровым образом жизни [5]. Например, при биполярном депрессивном расстройстве [6], беременности [7] или уходе за тяжелобольными людьми [8].

Для пациентов с нейроэндокринными опухолями разработано мобильное приложение, но доступно к использованию только в 7 странах: США, Канада, Австралия, Ирландия, Новая Зеландия, Сингапур, Великобритания [9].

В результате проведенного поиска конкурентных аналогов, возможных для использования в России, не обнаружено.

*Проектирование.* При разработке мобильного приложения важно учесть потребности пациента. Анализ потребностей пациента был проведен совместно с сообществом НЭО [10], обсужден с онкологами медицинского общества по лечению НЭО (МОЛНЭО) [11] и онкологами Сургутской окружной клинической больницы. На основании этого был сформирован функционал разрабатываемого приложения:

– персонализированный контент: приложение предоставит пользователю персонализированный контент, основанный на их типе рака, стадии заболевания и индивидуальных потребностях. Это включает в себя информацию о лечении, побочных эффектах, питании, физической активности и психологической поддержке.

– Трекер симптомов: у пользователя будет возможность отслеживать в динамике свои симптомы и побочные эффекты лечения. Они могут вести дневник своего самочувствия, записывать изменения веса, аппетита, уровня боли и других показателей здоровья. Это поможет пациентам и их врачам более точно оценивать эффективность лечения и принимать соответствующие меры.

– Отправка данных: пациент сможет поделиться динамикой симптомов с врачом или близкими родственниками, оказывающими пациенту поддержку.

– Социальная поддержка: приложение предоставит возможность присоединиться к группам поддержки, сообществам пациентов, равным консультантам, чтобы обмениваться опытом, задавать вопросы и получать поддержку от людей, которые проходят или прошли через схожий опыт, получать юридическую помощь.

– Уведомления и напоминания: Приложение предоставит пользователю персонализированные уведомления и напоминания о приеме лекарств, визитах к врачу, лабораторных анализах и других важных событиях. Это поможет пациентам быть в курсе своего лечения и не пропускать важные моменты.

– Архив: удобное хранение результатов обследований, выписок, консультаций. Это поможет пациенту всегда предоставить нужный документ при получении консультации в любом лечебном учреждении.

При разработке трекера симптомов принято решение разделить симптомы, которые будут отслеживаться в приложении с учетом выраженности, и симптомы, которые будут отслеживаться по факту его наличия или отсутствия. Также необходимо отслеживать динамику изменения лабораторных анализов или других численных показателей здоровья пациента. В таблице 1 приведен пример таких симптоматик. Символом «\*» помечены симптомы, для которых предполагается отмечать степень выраженности, символом «\*\*» – симптомы, характеризующиеся наличием или отсутствием.

Пример классификации симптомов

Симптомы с числовым значением	Симптомы по степени проявления
Температура	Аритмия**
Масса тела	Тахикардия**
Кровяное давление (систолическое\диастолическое)	Боли в области сердца*
Уровень сахара в крови	Одышка*
Уровень гемоглобина	Кашель*
Пульс	Хрипы**
Диарея	Бронхоспазм**
<b>Маркеры:</b>	Беспокойство, тревожность**
Хромогранин А (ХгА)	Депрессия*
Панкреатический полипептид (ПП)	Спутанность сознания (химический мозг)*
Нейронспецифическая энолаза (НСЕ)	Прилив жара*
Хорионический гонадотропин человека (ХГ)	Покраснение лица*
Серотонин	Чрезмерное потоотделение*
5-окси-3-индолилуксусная кислота (5-ГИУК)	Головная боль*
Гистамин	Мигрень*
Вазоактивный интестинальный полипептид (ВИП)	Головокружение*
Соматостатин (СС)	Слабость, утомляемость*
Глюкагон	Нарушения сна*
Гастрин	Сонливость*
Кальцитонин (КТ)	Тошнота*
Синаптофизин	Рвота**

Интерфейс приложения должен быть удобным и интуитивно понятным. Поэтому в связи с принятой дифференциацией отображения симптомов разработан интерфейс заполнения симптоматик, изображенный на рисунке 1.

Помимо возможности отмечать проявления симптомов, пациенту необходимо видеть динамику проявления тех или иных симптомов. Удобнее всего это будет выглядеть на диаграммах и графиках. На рисунке 2 изображен интерфейс, показывающий, как будет выглядеть динамика проявления тех или иных симптоматик.

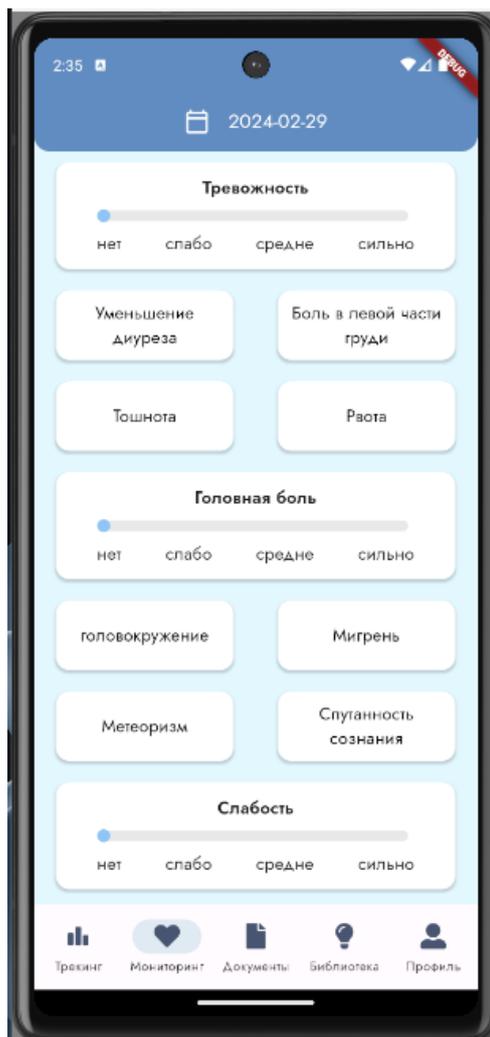


Рис. 1. Скриншот экрана заполнения симптомов



Рис. 2. Скриншот экрана динамики симптомов

Дизайн интерфейса мобильного приложения разрабатывался в соответствии с общепринятой цветовой палитрой нейроэндокринных опухолей (черный и белый), а также цветами, которые сообщество пациентов использует при разработке информационных материалов (оттенки синего и голубого).

Любая информация имеет свойство устаревать, изменяться, появляется новая. То же касается информации для НЭО пациентов. Поэтому, при разработке приложения необходимо обеспечить возможность редактирования, обновления информационного раздела, не изменяя самого приложения. Был выбран вариант решения разработки веб-версии информационного раздела, мобильная версия которого будет открываться в приложении. Это позволит периодически обновлять информацию раздела, не редактируя код приложения и, соответственно, не выпуская новых версий. На рисунке 3 представлена страница разработанного сайта.

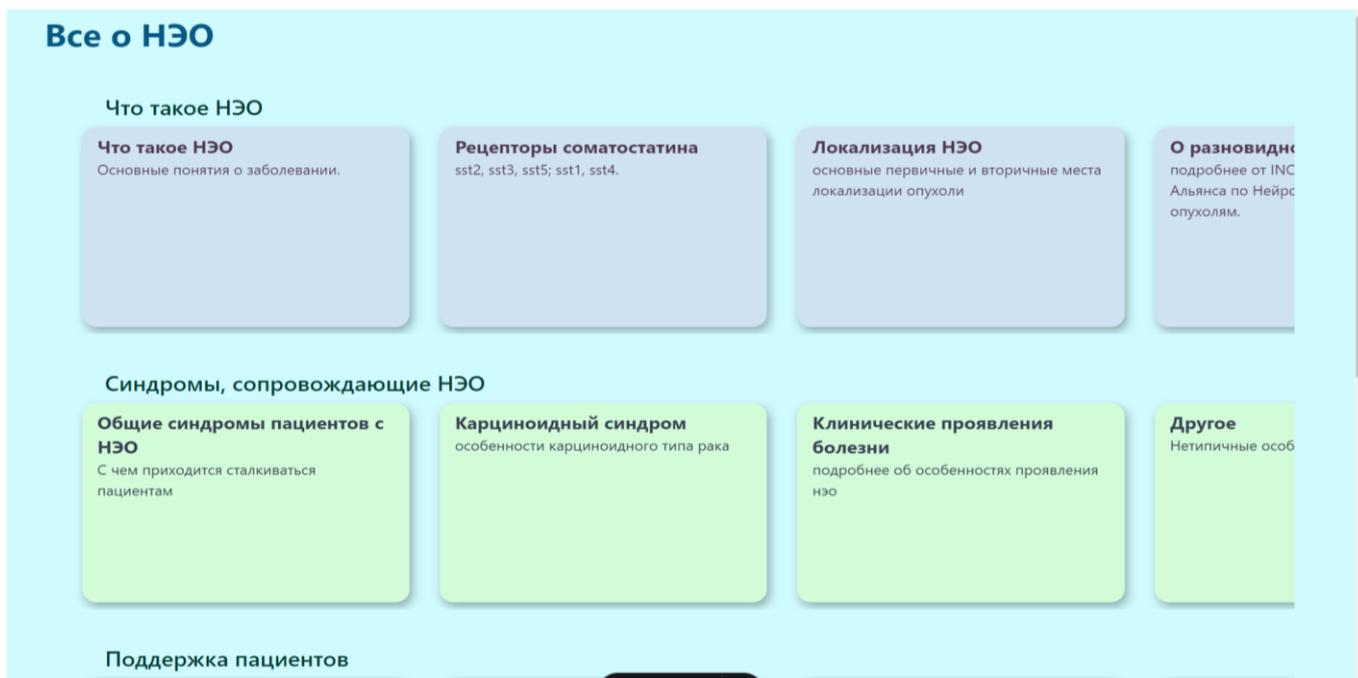


Рис. 3. Скриншот страницы сайта информационного раздела приложения

В качестве технологий разработки был выбран фреймворк Flutter [12], позволяющий разрабатывать кроссплатформенные мобильные приложения. В сравнении с аналогичными технологиями Flutter показывает наивысшую производительность и скорость работы приложения за счет своей архитектуры.

Для реализации статического сайта использовался фреймворк Astro [13], используемый для реактивной разработки статических сайтов.

В результате работы был выполнен MVP приложения, обладающий следующим функционалом:

1. Раздел профиля пациента, отражающий основной и сопутствующие диагнозы, лечебный центр, где проводится лечение, сохранение фертильности.
2. Хранение документов пациента (исследований, консультаций и др.).
3. Информационный раздел, содержащий собранные статьи и публикации о заболевании, возможностях психологической, юридической поддержки пациентов, пациентских сообществах, к которым можно присоединиться.
4. Возможность отмечать симптомы, сопровождающие заболевание, а также вести заметки касательно своего самочувствия за день, просматривать уже отмеченные симптомы и заметки.
5. Просмотр статистики проявления тех или иных симптомов, частоту и степень их проявления за выбранный месяц.

Дальнейшие задачи разработки приложения заключаются в реализации полноценного приложения:

1. Работа с памятью: сохранение данных на устройство, выгрузка данных из устройства.
2. Доработка интерфейса исходя из лучшего пользовательского опыта.
3. Экспорт данных от пациента другому человеку через QR-код.
4. Тестирование приложения на целевой аудитории.
5. Выпуск приложения на платформы.

*Заключение.* Отсутствие отечественных приложений для НЭО пациентов и наличие ограниченного доступа к зарубежным аналогам в России приводят к проблемам в поддержке данной категории пациентов. Анализ существующих приложений из других сфер медицины демонстрирует потенциал мобильных технологий в улучшении управления заболеваниями и самоконтроля. Однако специфические потребности пациентов с НЭО требуют разработки целевого приложения, полностью удовлетворяющего их требованиям. Разработка такого инструмента является важным шагом вперед в эффективности хода лечения пациентов с НЭО.

Однако, для обеспечения максимальной эффективности и полезности разрабатываемого приложения, необходима его дальнейшая корректировка и адаптация. Для этого критически важно обеспечить тесное содействие с пациентским сообществом, медицинскими специалистами и разработчиками приложения. Взаимодействие с пациентским сообществом позволит получить непосредственную обратную связь от конечных пользователей приложения, что способствует более точному определению и корректировке функциональных требований. Сотрудничество с медицинскими специалистами обеспечит профессиональный взгляд на клинические аспекты управления заболеванием и внедрение научно обоснованных подходов к самоконтролю.

### Литература:

1. Осознанный выбор в подходе к своему здоровью: Evercare. – URL: <https://evercare.ru/osoznanniy-vybor-v-podkhode-k-svoemu-zdorovyu> (дата обращения 25.02.2024).
2. Вмешательства на основе осознанности: обзор исследований: Ясное утро. – URL: <https://yasnoeutro.ru/vmeshatelstva-na-osnove-osoznannosti-obzor-issledovaniy/> (дата обращения 25.02.2024).
3. Мамыкина О. Осознанность пациента – это главное. RBGmedia. – URL: <https://www.rbgmedia.ru/post.php?id=8787> (дата обращения 25.02.2024).
4. Перечень редких (орфанных) заболеваний: Минздрав РФ. – URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/9731-perechen-redkih-orfannyh-zabolevaniy> (дата обращения 25.02.2024).
5. 7 лучших фитнес-приложений для занятий спортом. Обзор мобильных приложений для iOS и Android: Спорт-Экспресс. – URL: <https://www.sport-express.ru/zozh/reviews/7-luchshih-fitness-prilozheniy-dlya-zanyatij-sportom-2021-obzor-mobilnyh-prilozheniy-dlya-ios-i-android-1837609/> (дата обращения 25.02.2024).
6. The Easiest Way to Track Your Moods Online or Offline: eMoods. – URL: <https://emoodtracker.com/> (дата обращения 25.02.2024).
7. URL: <https://www.kp.ru/family/ya-mama/luchshie-prilozhenija-dlja-beremennyh/>.
8. Наше новое приложение «Мобильная сиделка»: Фонд «Вера». – URL: <https://fondvera.ru/news/nashe-novoe-prilozhenie-mobilnaya-sidelka/> (дата обращения 25.02.2024).
9. NET Cancer Health Storylines. – URL: <https://www.healthstorylines.com/net-cancer-healthstorylines> (дата обращения 25.02.2024).
10. URL: <https://vk.com/cancerneo> (дата обращения 25.02.2024).
11. Медицинское общество по лечению нейроэндокринных опухолей: МОЛНЭО. – URL: <https://molneo.com/> (дата обращения 25.02.2024).
12. Flutter documentation. – URL: <https://docs.flutter.dev/> (дата обращения 25.02.2024).
13. Документация Astro. – URL: <https://docs.astro.build/ru/getting-started/> (дата обращения 25.02.2024).

УДК 004.032.26

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

*Миронов Д.М.,*

*студент бакалавриата, mironov\_dm@edu.surgu.ru*

*Научный руководитель: Шайторова И.А., старший преподаватель кафедры ИВТ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Статья рассматривает актуальную тему развития технологий распознавания лиц на основе нейронных сетей и их применение в сфере биометрической идентификации личности. Развитие данной технологии является ключевым направлением в современных биометрических технологиях, обеспечивая точную и надежную идентификацию по уникальным чертам лица. Статья описывает материалы и методы, применяемые в разработке нейронных сетей для биометрической идентификации, включая проектирование моделей предметной области с использованием концептуальных моделей и BPMN-диаграмм. Основной акцент делается на важности проектирования моделей предметной области для успешной реализации проекта. Работа также включает в себя анализ и визуализацию концептуальной модели и пример BPMN диаграммы, демонстрирующей процессы взаимодействия.

**Ключевые слова:** распознавание лиц, идентификация, нейронная сеть, аугментация данных, обучение нейронной сети, концептуальная модель, BPMN-диаграмма

## DESIGNING A NEURAL NETWORK FOR BIOMETRIC IDENTIFICATION OF AN INDIVIDUAL

*Mironov D.M.,*

*undergraduate student, mironov\_dm@edu.surgu.ru*

*Scientific supervisor: Shaytorova I.A.,  
senior lecturer of the Department of Computer Science and Technology  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** The article examines the current topic of the development of facial recognition technologies based on neural networks and their application in the field of biometric identification. The development of this technology is a key direction in modern biometric technologies, providing accurate and reliable identification by unique facial features. The article describes the materials and methods used in the development of neural networks for biometric identification, including the design of domain models using conceptual models and BPMN diagrams. The main focus is on the importance of designing domain models for the successful implementation of the project. The work also includes the analysis and visualization of a conceptual model and an example BPMN diagram demonstrating the interaction processes.

**Keywords:** face recognition, identification, neural network, data augmentation, neural network training, conceptual model, BPMN diagram

*Введение.* Распознавание личности по лицу является самым популярным и перспективным направлением развития биометрических технологий [1]. Развитие технологии распознавания лиц на основе анализа их уникальных черт находит все более широкое применение в различных областях. Сегодня безопасность и эффективное управление доступом к информации и ресурсам становятся ключевыми задачами во многих сферах жизни. Нейронные сети играют важную роль, обеспечивая точную и надежную биометрическую идентификацию благодаря своей способности анализировать и распознавать уникальные черты лица. Это актуально в контексте современных вызовов и требований, поставленных перед обществом и технологическим прогрессом. В области безопасности, использование нейронных сетей для распознавания лиц способствует более надежному контролю доступа к важным объектам и информации. Это актуально как для корпораций и банков, где хранятся чувствительные данные, так и для государственных учреждений, обеспечивающих общественную безопасность и взаимодействие с гражданами. Времена вызовов, связанных с пандемией, также подчеркивают актуальность данной темы, поскольку использование масок и других средств скрытия лица создает дополнительные проблемы в распознавании личности.

Идентификация лица требуется в работе контрольно-пропускных пунктов, при учете рабочего времени сотрудников, ограничении доступа к рабочим местам, мобильным устройствам и информационным системам и т. д. [2]. Распознавание лиц предлагает точность идентификации сотрудников, минимизируя возможности для мошенничества или ошибок, которые могут происходить при использовании карт доступа или ПИН-кодов. Это важно для предотвращения таких практик, как «прокси-посещаемость», когда один сотрудник может отмечать приход или уход за другого. Внедрение методов распознавания лиц по изображению лица решает проблему учета рабочего времени на предприятии. Традиционные системы учета, такие как магнитные карты или список присутствия, часто подвержены ошибкам и мошенничеству, что может привести к неточному учету рабочего времени и неправильному расчету заработной платы, нарушению трудовой дисциплины и снижению общей производительности труда. Технологии распознавания лиц обеспечивают автоматизацию этих процессов, повышая их эффективность и точность.

Существующие решения распознавания лиц, могут сталкиваться с проблемами, связанными с конфиденциальностью, безопасностью данных, требованиями к вычислительным ресурсам и отсутствием интегрируемости. В ответ на это, планируется создать систему, которая не уступает существующим решениям, а также предлагает улучшенные меры защиты данных и приватности, оптимизацию алгоритмов для снижения требований к аппаратным ресурсам без ущерба для точности и скорости распознавания.

*Материалы и методы.* Объектом исследования является разработка нейронной сети для биометрической идентификации личности. Проектирование моделей предметной области является одним из ключевых этапов в разработке программного продукта. Этот процесс помогает разработчикам глубже понять предметную область, выявить основные сущности и их взаимосвязи, а также определить основные требования к системе. Основными инструментами при проектировании моделей предметной области являются концептуальные модели и диаграммы, такие как BPMN (Business Process Model and Notation). Концептуальные модели представляют собой абстрактные модели, которые отображают основные сущности и их взаимосвязи в предметной области. Они позволяют разработчикам визуализировать структуру и логику работы системы до того, как приступить к написанию кода. BPMN диаграммы, в свою очередь, используются для моделирования бизнес-процессов. Они позволяют описать последовательность действий и взаимодействие между различными участниками в рамках бизнес-процесса. Это помогает оптимизировать процессы, выявить возможные узкие места и улучшить эффективность работы системы. Согласно методам описанным в [4] была составлена концептуальная модель нейронной сети для биометрической идентификации личности, которая представлена на рисунке 1.

На рисунке 1 описаны сущности и взаимосвязи в предметной области. В модели присутствуют следующие сущности:

1. Тестовые фото (20%): Изображения, используемые для тестирования нейронной сети. Они представляют собой часть набора данных для проверки эффективности работы нейронной сети.
2. Обучающие фото (80%): Изображения, используемые для обучения нейронной сети. Эти фотографии служат для формирования модели и настройки параметров нейронной сети.
3. Исходное фото: Изображение, которое разделяется на тестовые и обучающие фотографии. Оно является исходным источником данных для обучения и тестирования нейронной сети.
4. Серия фото: Набор изображений, который включает в себя серию фотографий с лицом необходимого человека. Также записывается дата и время создания фотографий, чтобы в дальнейшем можно было отследить актуальность данных.
5. Клон фото: Изображение, полученное путем обработки исходного фото. В обработку фотографий входит: горизонтальный переворот, вертикальный переворот, изменение контраста яркости, гаммы и сдвиг RGB.
6. JSON файл с областью лица на фото: файл, содержащий данные о расположении и области лица на изображении. Эта информация используется при обучении нейронной сети.
7. Человек: Сущность, присутствующая на фотографиях. Данная сущность хранит в себе идентификационный номер, а также ФИО пользователя.
8. Нейронная сеть: Алгоритм машинного обучения для обработки и анализа изображений.

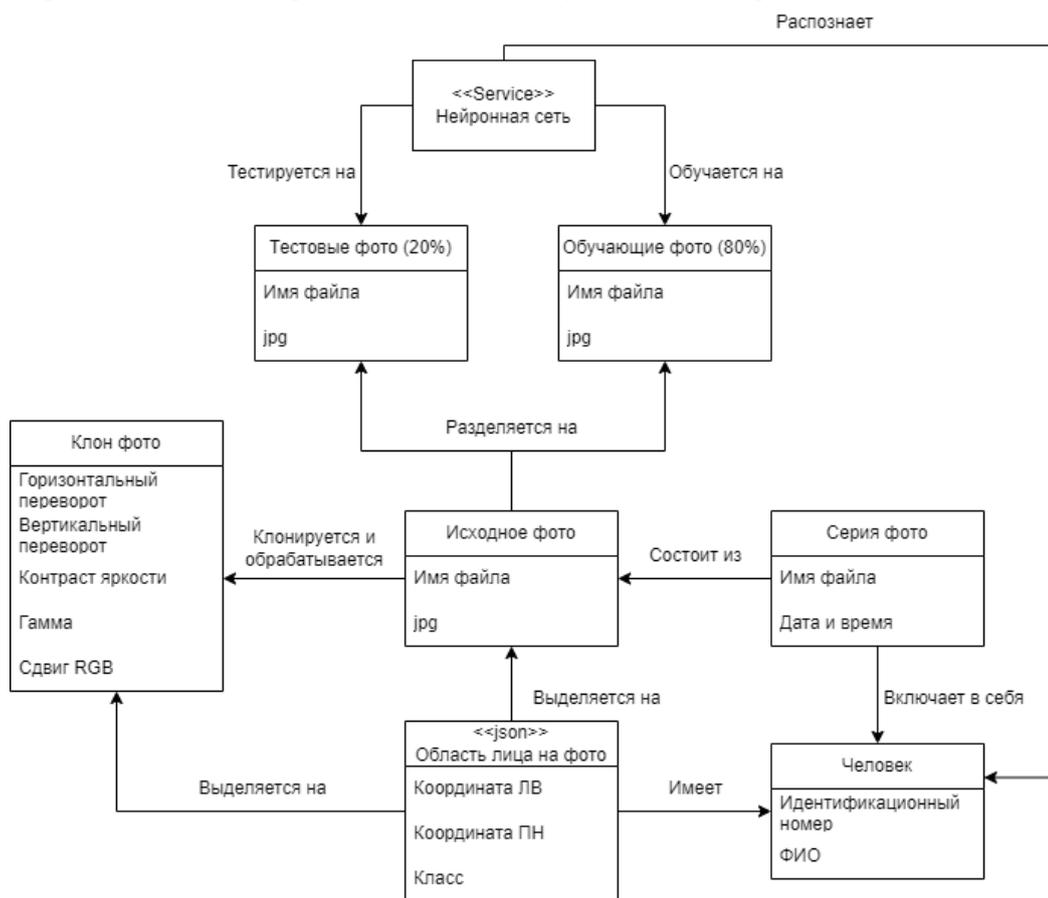


Рис. 1. Концептуальная модель

BPMN-диаграмма представляет собой графический язык моделирования бизнес-процессов. BPMN используется для визуализации, анализа и управления бизнес-процессами. Согласно методам описанным в [5] была составлена BPMN-диаграмма, которая представлена на рисунке 2.

BPMN-диаграмма представляет процессы взаимодействия администратора и системы. Изначально администратор получает серию персональных фото и вносит информацию о личности в систему. Информация сохраняется в базе данных. Person – БД с использованием PostgreSQL, в которой будет храниться информация о пользователях. PostgreSQL – это система управления БД, предоставляющая расширенные функциональные возможности для хранения и управления.

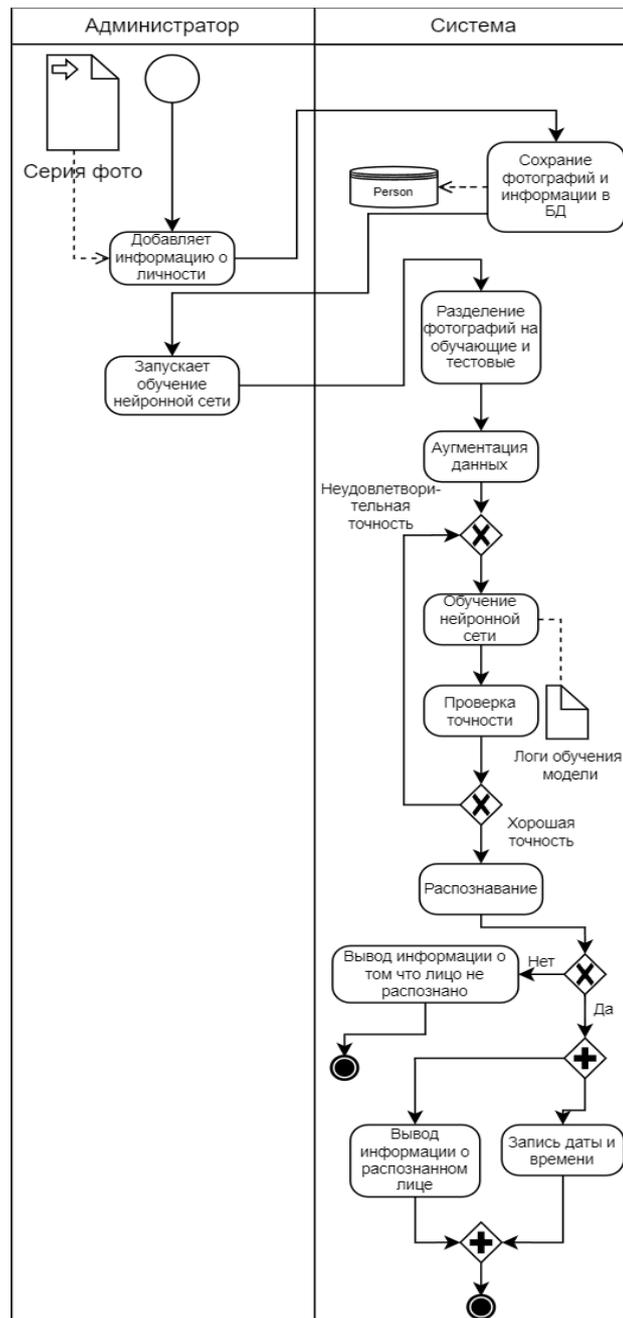


Рис. 2. BPMN-диаграмма

После того как администратор соберет информацию обо всех личностях, которых необходимо добавить в систему, он запускает процесс обучения нейронной сети. После разделения фотографий на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80% к 20%, происходит этап аугментации данных, который заключается в увеличении количества изображений за счет их модификации. Модификации включают горизонтальный и вертикальный перевероты, изменения в контрастности, яркости, гамме и сдвигах в RGB-каналах.

Завершающими шагами являются обучение нейронной сети на аргументированных данных и оценка ее способности к точному распознаванию лиц. В случае успешного обучения модели система способна в реальном времени распознавать пользователя и фиксировать дату и время распознавания. Также возможен такой вариант, что нейронная сеть имеет низкую точность распознавания, тогда происходит повторное обучение. В случае, если лица нет в базе данных, то система выдаст информацию о том, что лицо не распознано.

*Заключение.* В данной работе была рассмотрена актуальная тема развития технологий распознавания лиц, основанных на принципах компьютерного зрения и нейронных сетей. Распознавание лиц является перспективным направлением в области биометрических технологий и находит широкое применение в различных сферах [3]. Процесс разработки и внедрения таких систем требует не только высокой технической экспертизы, но и глубокого понимания предметной области и учета требований пользователей. Проектирование моделей предметной области с использованием концептуальных моделей и BPMN-диаграмм позволяет разработчикам четко определить структуру и логику работы системы, что обеспечивает успешную реализацию проекта.

В планах на будущее предполагается разработка и тестирование системы распознавания лиц, с особым акцентом на улучшение её точности, скорости и универсальности в различных условиях использования. Это включает в себя не только техническое совершенствование алгоритмов, но и углубленную работу над вопросами безопасности и приватности данных.

### Литература:

1. Косулин К. Э., Карпов А. А. Методы аудиовизуального распознавания людей в масках // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2022. № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-audiovizualnogo-raspoznavaniya-lyudey-v-maskah> (дата обращения: 29.11.2023).
2. Касымкулова Д. С. Особенности биометрической идентификации личности в информационной системе // The Scientific Heritage. 2021. № 65–1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biometricheskoj-identifikatsii-lichnosti-v-informatsionnoy-sisteme> (дата обращения: 19.02.2024).
3. Порошков К. Н. Место нейросетей в системах распознавания лиц // Наука и образование сегодня. 2023. № 2 (76). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-neyrosetey-v-sistemah-raspoznavaniya-lits> (дата обращения: 29.11.2023).
4. Ламран К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Практическое руководство. 3-е изд. Пер. с англ. М.: И.Д. Вильямс, 2013. – 736.
5. Репин В. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN. Пособие для начинающих. Часть I. Издательские решения, 2019.

УДК 004.72

## МЕТОД РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ДОСТОВЕРНОСТИ НА УРОВНЕ ЗАГОЛОВКОВ СЕГМЕНТОВ И ПАКЕТОВ

*Жебель В.А.,*

*аспирант, vladzhebel@yandex.ru*

*Научный руководитель: Солдатов А.И., д-р техн. наук, профессор кафедры АСОИУ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Данная статья представляет собой введение к методу анализа сетевого трафика с целью обнаружения модификации данных и аномалий в компьютерных сетях предприятий. Авторы описывают основные угрозы, с которыми сталкиваются сети предприятий, и существующие методы защиты и анализа трафика. Предлагаемый метод основан на рассылке проверочных пакетов и расчете коэффициента достоверности данных на уровне заголовков сегментов и пакетов. В статье также описываются материалы и методы исследования, включая изучение заголовков сегментов и анализ типовой структуры компьютерных сетей предприятий. Предложенный метод имеет потенциал для повышения безопасности и надежности компьютерных сетей предприятий и может быть полезен для специалистов по информационной безопасности и сетевым администраторам.

**Ключевые слова:** коэффициент достоверности данных, заголовки сегмента и пакета, расчет, безопасность данных

## METHOD FOR CALCULATING THE CONFIDENCE COEFFICIENT AT THE LEVEL OF SEGMENT HEADERS AND PACKETS

*Zhebel V.A.,*

*graduate student, vladzhebel@yandex.ru*

*Scientific supervisor: Soldatov A.I., Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department of ASOIU  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** This article is an introduction to a method for analyzing network traffic in order to detect data modifications and anomalies in enterprise computer networks. The authors describe the main threats faced by enterprise networks and existing methods for protecting and analyzing traffic. The proposed method is based on sending verification packets and calculating the data reliability coefficient at the level of segment and packet headers. The article also describes research materials and methods, including the study of segment headings and analysis of the typical structure of enterprise computer networks. The proposed method has the potential to improve the security and reliability of enterprise computer networks and can be useful for information security specialists and network administrators.

**Keywords:** data reliability factor, segment and packet headers, calculation, data security

*Введение.* В процессе эксплуатации компьютерной сети предприятия возникают различные угрозы для сетевого трафика, такие как модификация данных или перехват сетевого трафика. На

сегодняшний момент существуют различные способы защиты и анализа сетевого трафика и данных, передаваемых по сети, к ним относятся шифрование и анализ трафика на уровне приложений [1]. Авторы предлагают свой метод анализа сетевого трафика на возможность его модификации, а также поиск аномалий или неисправностей в компьютерной сети предприятия [2, 3].

Главной идеей данного метода является рассылка проверочных пакетов при помощи, которых будет осуществляться проверка сети и возможности модификации данных передаваемых по сети. В центре находится сервер, который будет рассылать проверочные пакеты, проводить проверку и журналирование обратных данных, а также хранить проверочную базу с вариантами для изменения пакетов (рисунок 1).

Целью данного исследования в рамках данной статьи является определение метода расчета коэффициента достоверности данных (КДД) на уровне заголовков сегментов и пакетов. В рамках исследования рассматривается шаблонная структура компьютерной сети среднего предприятия, где есть коммутаторы, маршрутизаторы, серверы и клиентские машины [4].

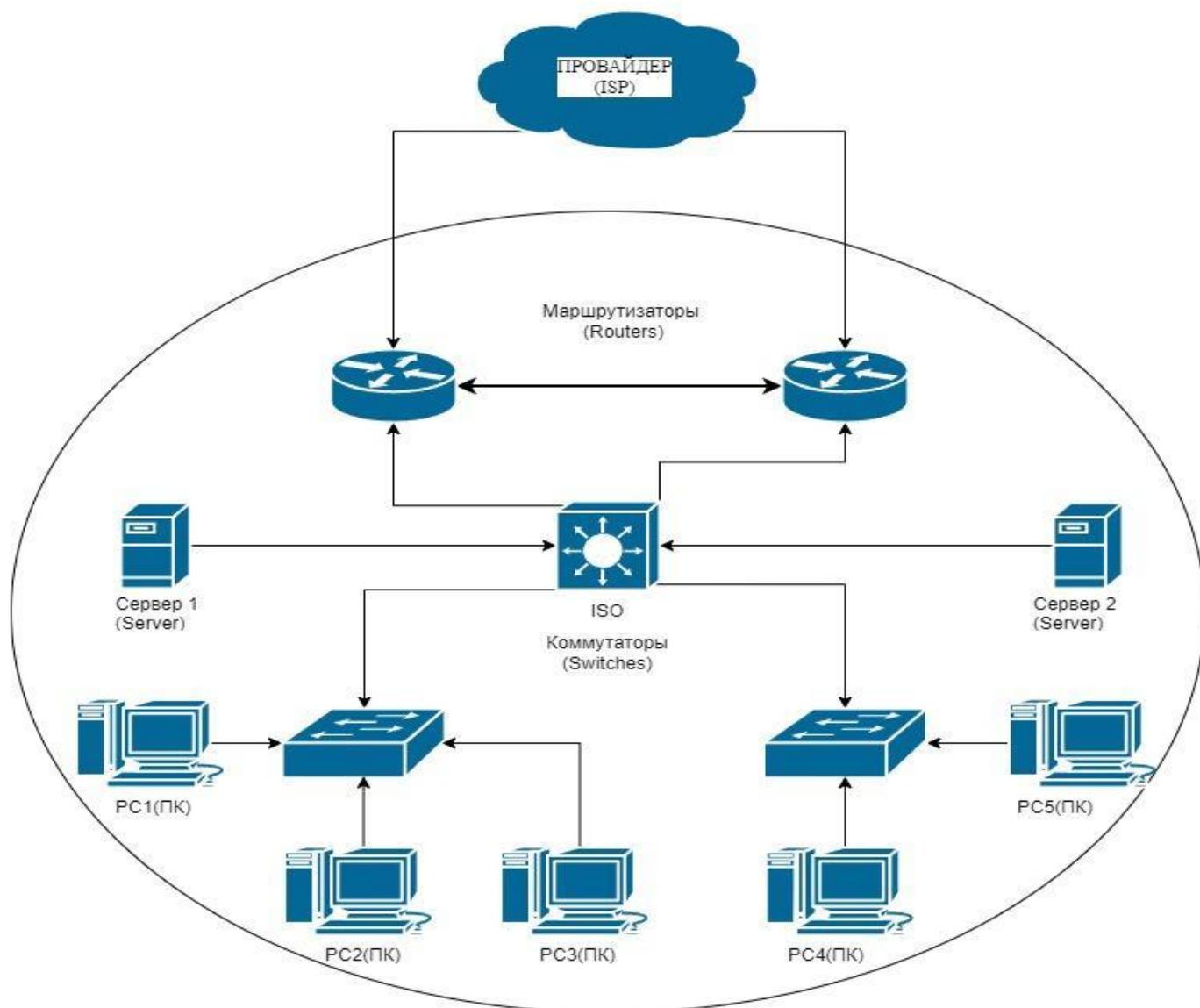


Рис. 1. Логическая схема компьютерной сети предприятия

*Материалы и методы.* В рамках исследования сформулированы следующие задачи:

- 1) изучить заголовки сегментов, пакетов и кадров;
- 2) рассмотреть типовую структуру компьютерной сети предприятия;
- 3) на основе описаний структуры и заголовков уточнить и детализировать расчет коэффициента достоверности данных;
- 4) проанализировать дополнительные возможности данного инструмента анализа сети.

В качестве материалов исследования данной статьи использовались научные статьи, монографии, учебники, учебные пособия, посвященные компьютерным сетям и безопасности сетей и персональных компьютеров, и серверов.

Сама идея ввода коэффициента достоверности обуславливается тем, что при помощи него можно определять модифицирован ли сетевой трафик, возможности утечки данных, а также технические проблемы.

В данном методе используются проверочные пакеты, использующие различные флаги и поля заголовка пакета протокола IPv4 и сегмента протокола TCP. Далее разберем более детально сам принцип формирования IP-пакетов и TCP-сегментов [5, 6].

На сервере предприятия устанавливается серверная часть программы, которая выполняет следующие функции:

1. Хранит базу данных вариантов пакетов, которые будут отправляться на машины.
2. Осуществляет поиск второй части программы, которая должна быть установлена на клиентской машине.
3. Указывает на те машины, на которых клиентская программа не установлена.
4. Синхронизирует сеанс связи с клиентской машиной и отправляет информацию о варианте пакетов, которые будут отправлены сервера.
5. Хранит обратный ответ клиентских машин, ведет базу данных таких машин.

Также, на клиентских машинах устанавливается клиентская часть программного обеспечения, которая выполняет следующие функции:

1. Синхронизируется с серверным ПО и отвечает ему на запросы.
2. Получает вариант данных из базы данных клиента.
3. Сравнивает полученные пакеты с вариантом из локальной базы данных.
4. Рассчитывает коэффициент достоверности данных и отображает его в трех-панели, чем сигнализирует пользователю о состоянии дел.
5. Отправляет отчет на сервер по результатам его сравнения.

И так процесс обработки и расчета выглядит таким образом. В начале сервер проводит опрос клиентских машин, и определяет, какие из них в сети и доступны, после чего отправляет сообщения туда, где стоит специализированное ПО, договариваясь о начале сеанса (рисунок 2) [7, 8].

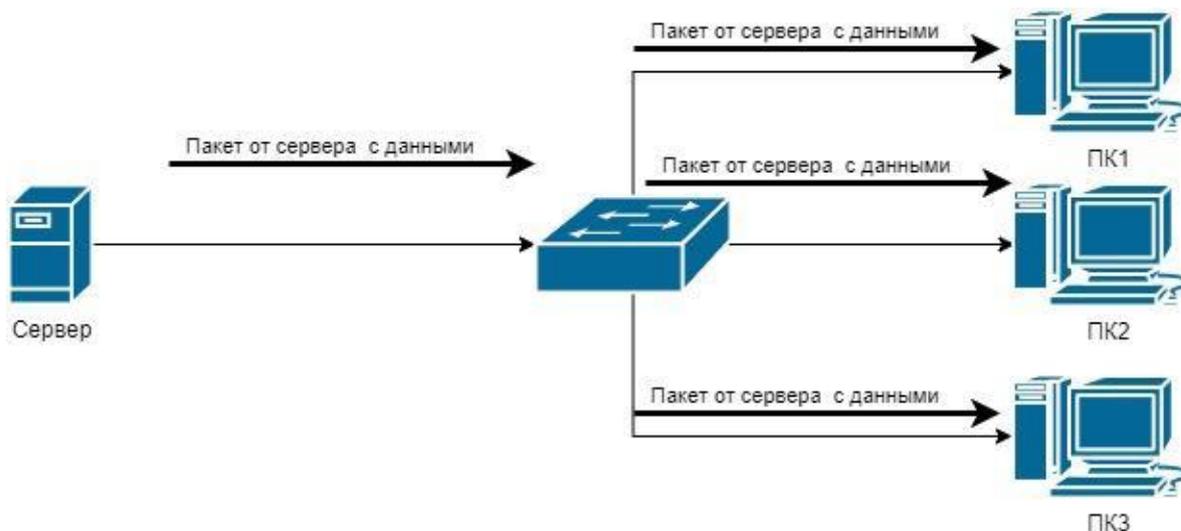


Рис. 2. Принцип работы сервера с рабочими станциями отправление пакета с данными

Далее сервер отправляет пакет данных, который содержит вариант из базы данных, в варианте указывается лишь его номер. База данных содержит ряд слов и символов, а также различные вариации флагов и полей, которые будут изменяться (рисунок 3).

Например, это вариант №10, кодовое слово внутри данного варианта: «Привет Мир» объем данных 20 байт, далее определяются другие заголовки и длина пакета, стандартно к данным будет прибавляться 24 байта заголовка протокола TCP, далее плюс 20 байт заголовка протокола IPv4 и далее 18 байт заголовков кадра протокола Ethernet. Итого: у нас первые маячки, которые будут сравниваться: это длина сегмента 44 байт (20+24), длина пакета 64 байта (20+24+20) и длина кадра 82 байта (20+24+20+18). И, конечно же, сами данные «Привет Мир!». Далее проводится кодирование при помощи вариации полей и заголовков, таких как:

- протокол IPv4 поля заголовка: DSCP, Flag, TTL,
- протокол TCP поля заголовка: Urgent, Control bits, Options, Sequence Number, Acknowledgement Number.

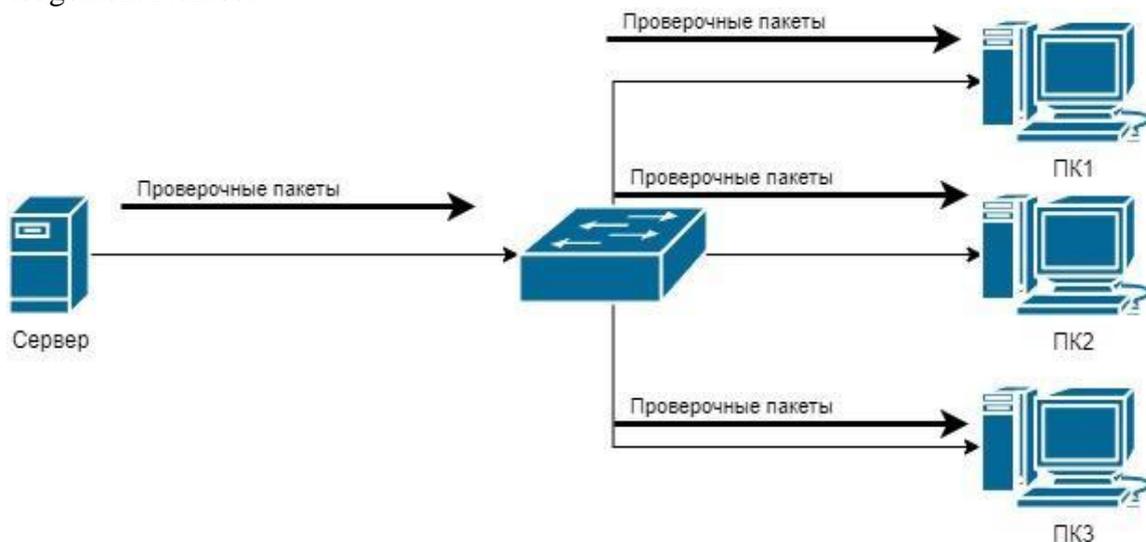


Рис. 3. Принцип работы сервера с рабочими станциями, путём отправки проверочных пакетов

Таким образом, на сервере формируются варианты и отправляются на клиентскую машину, которая, при получении пакетов с маячками, сравнивает их с вариантом из своей базы данных. Если процесс успешен, то выдается разрешение «1», если нет, то значение «0» и так по каждому проверочному пакету, на данный момент исследование их отправляется 10.

Итак, если все десять пакетов приходят и соответствуют требованиям, коэффициент достоверности будет равен 100%. После суммирования всех пакетов для приведения КДД к отрезку от «0» до «1» делим его 100 единиц. Также берется погрешность на потерю первого пакета, т.е. минус 0.1 от полученных данных.

После расчета проводится подсчет и конвертирование в цветовую гамму, а именно: зелёный все хорошо, светло-зеленый есть незначительные потери, оранжевый - потери более критичны, и красный – критичные потери; данный цвет говорит, что половина пакетов не доходит или, модифицируются; последний цвет – черный, пакеты вообще не доходят до клиента. Информация отображается в «трее» панели задач, чтобы пользователь мог видеть данный процесс, похожие уведомления отправляют программы диспетчеры задач [9].

Далее информация отправляется на сервер, где она записывается в специальный файл для каждого компьютера клиента, каждые сутки новый файл. На сервере администратор может проверить данные файлы и убедиться, были ли проблемы в течение дня или недели (рис. 4).

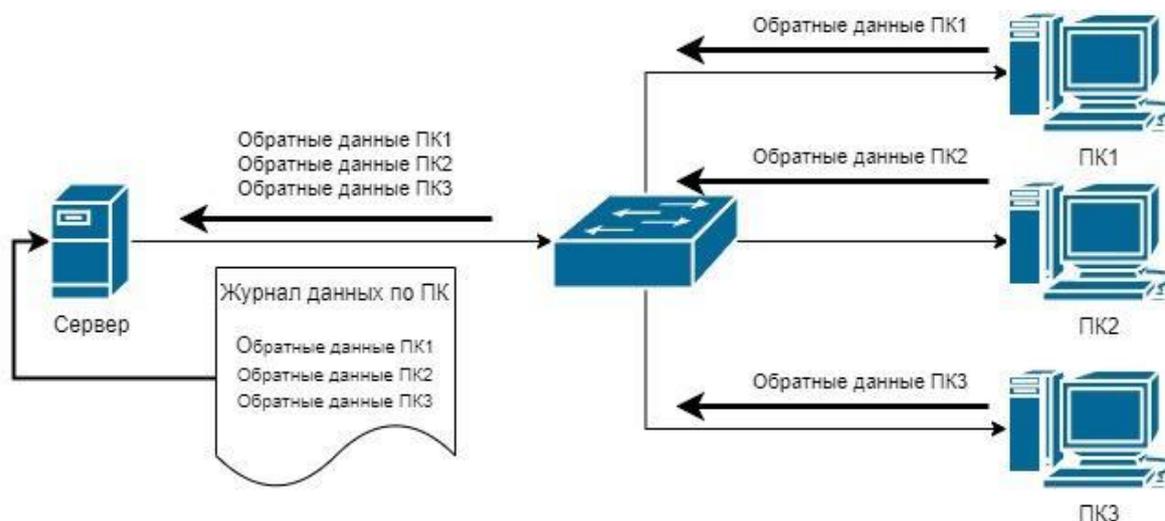


Рис. 4. Схема обмена данными от рабочих станций к серверу

Также может быть настроен сигнал тревоги и для администратора, так можно обнаружить и обрыв кабеля, и модификацию трафика и другие проблемы в сети предприятия [10].

*Результаты.* В результате исследования описан более детально сам метод расчёта КДД на уровне заголовков протоколов IPv4 и TCP. Определены функции для серверной и клиентской машины. Детально разобрано взаимодействие между сервером и клиентом, расписан момент взаимодействия сервера согласно функциям, а также клиентской машины. Указано специализированное программное обеспечение, которое написано на языке программирования Питон. Уточнена формула для расчета коэффициента достоверности данных; из нее убрана длина кадра, а также добавлены изменения в данных, что кодируются в сегмент, и введена погрешность в виде 0.1, что отображает потерю одного пакета, обычно первого, как показано в формуле 1.

$$КДД = \frac{LP + LS + DSCP + F + T + U + CB + O + SN + AN + data}{100} - 0.1, \quad (1)$$

где:  $LP$  – общая длина пакета (байт),  $LS$  – длина сегмента (байт),  $DSCP$  – поле пакета IPv4,  $F$  – поле пакета Flag,  $T$  – поле пакета TTL для IPv4,  $U$  – поле сегмента Urgent протокол TCP,  $CB$  – поле сегмента Control bits протокол TCP,  $O$  – поле сегмента Options протокол TCP,  $SN$  – поле сегмента Sequence Number протокол TCP,  $AN$  – поле сегмента Acknowledgement Number,  $data$  – данные.

Также в процессе исследования были достигнуты решения по сигнализации данных у клиента, а также запись данных журнала сервера администратора предприятия. В процессе исследования пришла идея дополнительного уведомления администратора предприятия об инцидентах в «черных» и «красных» зонах коэффициента достоверности данных, что позволит вовремя определять аномалии сетевого трафика, и анализировать их, и устранять в кратчайшие сроки [11,12].

*Заключение.* В ходе исследований был предложен метод обнаружения аномалий в сетевом трафике, который реализован в виде программы, состоящей из нескольких ключевых компонентов. Первый компонент представляет собой серверное программное обеспечение, которое централизованно управляет сетью компьютеров. Оно осуществляет поиск рабочих станций, их синхронизацию с сервером, и, в соответствии с определенным алгоритмом, отправляет проверочные пакеты. Второй компонент устанавливается на рабочих станциях и обеспечивает обмен данными по определенному порту. Он устанавливает соединение с сервером, ожидает получения проверочных пакетов, сравнивает их с назначенными вариантами от сервера, и проводит расчет коэффициента достоверности данных. Рабочая станция также отправляет сообщение на сервер о состоянии сети, которые собираются в журнале, где они сортируются по рабочим станциям и времени.

Расчет коэффициента достоверности осуществляется путем расчета критериев. Затем вычисляется основной коэффициент, который получается путем суммирования и нормализации. Допустимое отклонение коэффициента достоверности может достигать 10% от максимального значения, считая данные не подвергшимися модификации.

### Литература:

1. Актуальные киберугрозы: Итоги 2022 года. – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/ analytics/cybersecurity-threatscape-2022> (дата обращения: 2.12.2023).
2. Жебель В. А. Использование коэффициента достоверности данных для определения достоверности передаваемых данных по сети / В. А. Жебель, А. И. Солдатов // Успехи кибернетики. 2023. Т. 4. № 2. С. 60–67. DOI: 10.51790/2712-9942-202.
3. Жебель В. А. Достоверность данных, переданных по компьютерной сети // International Conference on Advances in Environment Research. 2022. Вып. 3. С. 73–78.
4. Жебель В. А. Методы и алгоритмы анализа сетевого трафика для определения коэффициента достоверности данных // Проблемы и решения автоматизации XXI в.: М-лы VI Национальной научно-практической студенческой конференции, Сургут, 24–25 февраля 2023 г. Сургут: Сургутский государственный университет, 2023. С. 23–27.
5. Багдасарян Р. Х. О современных проблемах проверки достоверности данных при передаче информации и компрометации канала связи / Р. Х. Багдасарян, В. О. Осипян // IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посв. 58-й годовщине полета Ю. А. Гагарина в космос: Сб. науч. ст. 2019. С. 289–291.
6. Григорьев В. С. Проблемы распознавания зашифрованного трафика в канале связи // Научные записки молодых исследователей. 2017. № 3. С. 43–51.

7. Сеидова И., Каратова Д. Брандмауэры: исследование методов безопасности и угроз // *Sciences of Europe*. 107 (2022). P. 137–139.
8. Коломойцев В. С. Эффективность поэтапного применения средств защиты с пересечением областей обнаружения угроз // *Программные продукты и системы*. 2018. № 3. Т. 31. С. 557–564. DOI: 10.15827/0236-235X.031.3.557-564.
9. Анализ зашифрованного сетевого трафика на основе вычисления энтропии и применения нейросетевых классификаторов / В. А. Буковшин, П. А. Чуб, Д. А. Короченцев [и др.] // *Изв. ЮФУ. Технические науки*. 2020. № 6 (216). С. 117–128. DOI: 10.18522/2311-3103-2020-6-117-128.
10. Бабенко Л. К. Криптографическая защита информации: симметричное шифрование: Учеб. пособие / Л. К. Бабенко, Е. А. Ищукова. М.: Юрайт, 2019. 220 с.
11. Philippe BIONDI Network packet manipulation with Scapy / Philippe BIONDI. – URL: [https://scapy.net/talks/scapy\\_hack.lu.pdf](https://scapy.net/talks/scapy_hack.lu.pdf) (дата обращения: 07.12.2023).
12. Официальный сайт Scapy. – URL: <https://scapy.net/> (дата обращения: 07.12.2023).

УДК 004.89

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗНАЧИМЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*Газя Г.В.,*

*канд. биол. наук., магистрант, gazyu\_gv@edu.surgu.ru*

*Газя Н.Ф.,*

*аспирант, nata\_stratan@mail.ru*

*Научный руководитель: Бушмелева К.И., д-р техн. наук, профессор,  
заведующая кафедрой АСОИУ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена возможность применения искусственных нейронных сетей (ИНС) в комплексе с традиционными методами обработки данных ЭКГ-параметров операторов технологических установок (ТУ), работающих во вредных условиях труда на Севере РФ.

Результаты статистической обработки многократных итераций ЭКГ-параметров обследуемых, проводимых при помощи ИНС, подтвердили заключения по ЭКГ-параметрам операторов ТУ, подготовленные с помощью метода скрининговых исследований сердца «КардиоВизор-06с».

Наряду с этим, предварительная статистическая обработка данных ЭКГ-параметров обследуемых и профессиональная (ручная) настройка ИНС, с учетом имеющегося набора и типа данных, позволили при помощи программного продукта ASCN5.0.2 выявить дополнительные значимые диагностические признаки в работе сердца операторов ТУ («Пульс», «QT» и «P»), которые не были выявлены описательной (классической) статистикой.

**Ключевые слова:** искусственные нейронные сети, ЭКГ-параметры, значимые диагностические признаки

## **APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN IDENTIFICATION SIGNIFICANT ELECTROCARDIOGRAPHIC PARAMETERS OF PROCESS PLANT OPERATORS**

*Gazyu G.V.,*

*Candidate of Biological Sciences, Master's student, gazyu\_gv@edu.surgu.ru*

*Gazyu N.F.,*

*graduate student, nata\_stratan@mail.ru*

*Scientific supervisor: Bushmeleva K.I., Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Department of ASOIU  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** This article considers the possibility of using artificial neural networks (ANN) in combination with traditional methods of processing ECG-parameters of process plant (PP) operators operating in harmful working conditions in the North of the Russian Federation.

The results of statistical processing of multiple iterations of the ECG-parameters of the examined ones carried out using ANN confirmed the conclusions on the ECG parameters of the PP-operators prepared using the «CardioVisor-06s» heart screening method.

Along with this, preliminary statistical processing of the ECG parameters of the examined and professional (manual) adjustment of the ANN, taking into account the available set and type of data, made it possible to identify additional significant diagnostic signs in the heart of the PP-operators («Pulse», «QT» and «P») using the ASCN5.0.2 software product, which were not identified by descriptive (classical) statistics.

**Keywords:** artificial neural networks, ECG-parameters, significant diagnostic signs

*Введение.* Нарушение определенных параметров функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) может привести к внезапной острой сердечной недостаточности.

Для профессий, таких как оператор ТУ, чья работа связана с управлением технологическими установками на опасных производственных объектах и контролем за параметрами технологического процесса на заводе по переработке взрывопожароопасных веществ (газа и газового конденсата), сбои в работе сердца недопустимы [5].

Наряду с ежегодными периодическими медицинскими осмотрами для профессий подобных оператору ТУ, рекомендован периодический скрининговый экспресс-мониторинг состояния сердечной деятельности.

Целью данного исследования является определение значимых диагностических признаков в ЭКГ-параметрах мужчин (операторов ТУ), работающих на газоперерабатывающем заводе во вредных условиях труда.

Для достижения поставленной цели авторами проведены сбор и обработка ЭКГ-параметров операторов ТУ методами классической статистики в сочетании с многократными итерациями данных с использованием ИНС, предварительно адаптированной под особенности работы ССС сложных биосистем третьего типа [2, 3].

*Материалы и методы.* Представлены результаты исследования динамики возрастных изменений ЭКГ-параметров мужчин (операторов ТУ) в условиях хронического воздействия вредных производственных факторов.

В состав наблюдаемой группы входило 15 операторов ТУ ( $n=15$ ), средний возраст которых составлял 37 лет.

Значения ЭКГ – параметров обследуемых получены методом скринингового экспресс-мониторинга (в рамках периодического медосмотра) с помощью прибора «КардиоВизор–06с» (4 электрода, патент DE 199 33 277 A1) [4].

Обработка зарегистрированных в процессе обследования ЭКГ-параметров (Миокард, %; Ритм, %; Пульс, уд. в мин.;  $P-Q$ , сек.;  $QT$ , мсек.;  $QTc$ , мсек.;  $P$ , сек.) операторов ТУ осуществлялась следующими способами:

– статистическая обработка параметров variability сердечного ритма (BCP) человека с помощью программных пакетов: «Excel MS Office» и «Statistica»;

– определение значимых диагностических признаков проводилось на основе метода эвристической работы ИНС с помощью программного продукта ASCN5.0.2, разработанного на кафедре автоматизированных систем обработки информации и управления БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет».

Перед применением программного продукта ASCN5.0.2 в определении параметров порядка ЭКГ-параметров исследуемых групп проводилась ручная настройка параметров ИНС (табл. 1).

Таблица 1.

Параметры ручной настройки ИНС

№ п/п	Параметр настройки ИНС	Значение
1	Размерность входных данных	7
2	Размерность выходных данных	1
3	Размер обучающей выборки	15
4	Тип задачи	Много классовая однозначная классификация
5	Функция активации для входного слоя	Relu
6	Функция активации для скрытого слоя	Sigmoid
7	Выходной слой	Softmax
8	Функция потерь	Categorical crossentropy
9	Функция оптимизации	Стохастический градиентный спуск без импульса Нестерова
10	Метрика	Accuracy
11	Количество эпох обучения	32
13	Количество обучений ИНС	100
14	Требуемая точность обучения	100%
15	Количество скрытых слоев	4
16	Количество нейронов в скрытых слоях	8
17	Время обучения	0,97 с
18	Количество нейронов во входном слое	7
19	Количество нейронов в скрытом слое	1

*Результаты их обсуждения.* На первом этапе обработки ЭКГ-параметров операторов ТУ осуществлялась первичная (описательная) статистическая обработка данных (таблица 2).

Таблица 2.

Результаты первичной статистической обработки ЭКГ-параметров операторов технологических установок ( $n=15$ )

Variable	Descriptive Statistics			
	Mean	Min	Max	Std. Dev.
Миокард	14,73	12,00	19,00	1,75
Ритм	28,20	5,00	69,00	21,39
Пульс	80,07	63,00	104,00	11,98
<i>P-Q</i>	149,07	120,00	166,00	14,38
<i>QT</i>	348,93	316,00	390,00	18,71
<i>QTc</i>	372,67	320,00	420,00	28,15
<i>P</i>	109,20	84,00	136,00	16,92

На втором этапе обработки ЭКГ-параметров операторов ТУ производилась проверка данных на соответствие нормальному распределению (таблица 3).

Таблица 3.

Результаты проверки на соответствие нормальному распределению ЭКГ-параметров операторов технологических установок ( $n=15$ )

Variable	$max D$	$K-S$ $p$	$Liliefors$ $p$	$W$	$p$
Миокард	0,33	$p < .10$	$p < ,01$	0,770	0,002
Ритм	0,26	$p > .20$	$p < ,01$	0,787	0,003
Пульс	0,20	$p > .20$	$p < ,10$	0,929	0,264
$P-Q$	0,15	$p > .20$	$p > .20$	0,925	0,229
$QT$	0,17	$p > .20$	$p > .20$	0,955	0,600
$QTc$	0,14	$p > .20$	$p > .20$	0,963	0,750
$P$	0,17	$p > .20$	$p > .20$	0,927	0,243

Результаты проверки данных по показателям «Миокард» и «Ритм» на соответствие нормальному распределению также представлены на рисунках 1 и 2.

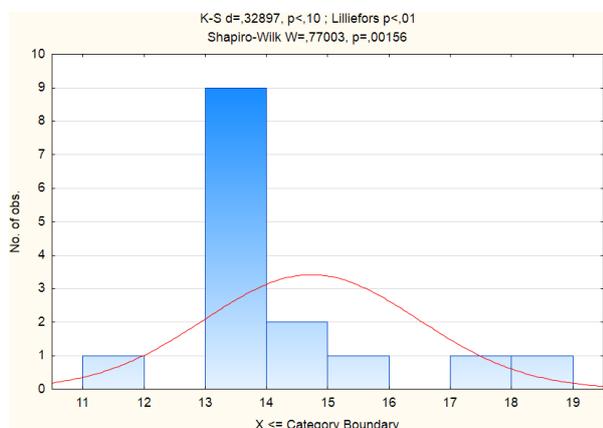


Рис. 1. Результаты проверки данных на нормальное распределение по показателю «Миокард»

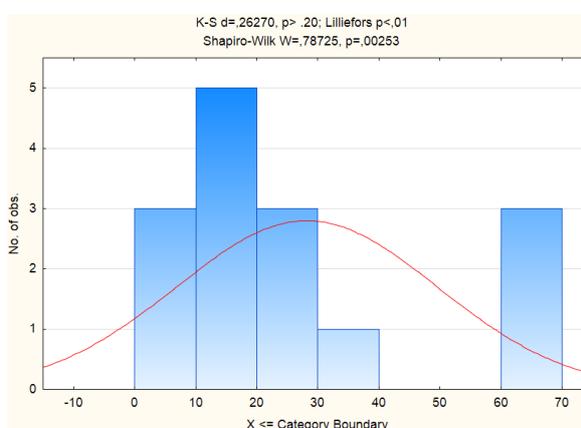


Рис. 2. Результаты проверки данных на нормальное распределение по показателю «Ритм»

Результаты первичной проверки данных на соответствие нормальному распределению привели к необходимости проведения более внимательного изучения значений «Миокард» и «Ритм» обследуемых, которое привело к выявлению из общей группы исследуемых двух слесарей ТУ с параметрами ЭКГ (исследуемый № 1 и № 2), несоответствующими установленным нормам (таблица 4).

Таблица 4.

Заключение для исследуемых №1 и №2 по ЭКГ-параметрам «Миокард» и «Ритм»

ЭКГ-параметр	Исследуемый №1	Исследуемый №2
Миокард	Умеренные изменения миокарда желудочков. Признаки умеренной гипоксии миокарда (могут быть обусловлены умеренной гипоксией). Имеются изменения в процесс деполяризации предсердий.	Умеренные изменения деполяризации желудочков: признаки: признаки временной функциональной нестабильности миокарда. Умеренные отклонения деполяризации предсердий.
Ритм	Значимых отклонений вариабельности ритма от нормы нет.	Вероятны отклонения вариабельности ритма от нормы.

Диагностические портреты сердца исследуемых № 1 и № 2 представлены на рисунках 3 и 4.

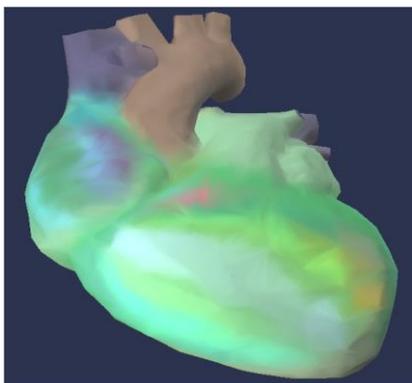


Рис. 3. Диагностический портрет исследуемого № 1

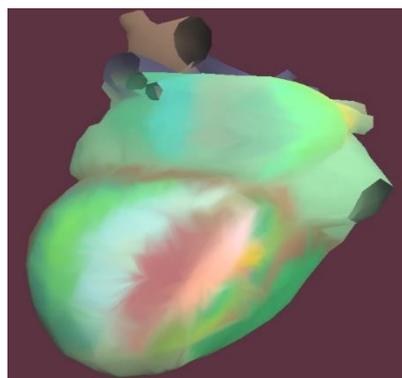


Рис. 4. Диагностический портрет исследуемого № 2

Наряду с традиционными статистическими методами обработки данных по ЭКГ-параметрам операторов ТУ с учетом ненормально распределения данных (табл. 3, рис. 1 и 2) возникает необходимость использования более чувствительных методов диагностики, а именно – ИНС (в нашем случае использовался программный продукт ASCN5.0.2).

Использование ИНС в качестве дополнительного средства для диагностики работников состояния ССС бригады операторов технологических установок позволило выявить дополнительные (к уже выявленным ранее: «Миокард» и «Ритм») значимые диагностические признаки следующих параметров ЭКГ: «Пульс», « $QT$ » и « $P$ » (таблица 5).

Таблица 5.

Результаты статистической обработки значений весов  $w_i$  после 100-ти итераций, выборки  $x_i(t)$  ЭКГ-параметров операторов технологических установок

Тип данных	$w_i$	Миокард	Ритм	Пульс	$P-Q$	$QT$	$QTc$	$P$
Средние значения ЭКГ-параметров	100	0,139	0,145	0,145	0,140	0,146	0,140	0,145

Появление значимых (взаимозависимых) диагностических признаков «Пульс» и «Ритм» (табл. 5) частично можно связать с отклонениями вариабельности сердечного ритма обследуемого № 2 от нормы (табл. 4).

В свою очередь, значимость параметра « $P$ » мы также частично можем связать уже с обозначенными в таблице 4 умеренными отклонениями деполяризации предсердий обследуемых № 1 и № 2.

Однако, ИНС дает нам дополнительный значимый (ранее не выявленный) диагностический признак « $QT$ » (табл. 5), являющийся электрической систолой сердца обследуемых.

С точки зрения электрофизиологии « $QT$ » отражает сумму процессов деполяризации (электрическое возбуждение со сменой заряда клеток) и последующей реполяризации (восстановление электрического заряда) миокарда желудочков.

Определенный ИНС параметр порядка в ЭКГ « $QT$ » может помочь кардиологу определить причину умеренных изменений деполяризации желудочков отдельных обследуемых (табл. 4) и составить для них эффективный план лечения (профилактики развития) патологии ССС.

*Заключение.* Для изучения ЭКГ-параметров сложных биологических систем (третьего типа) необходим комплекс методов в обработке и интерпретации данных, полученных при помощи скрининговых исследований сердца [1].

В медицинскую диагностику состояния ССС важен комплексный подход. Набирающие популярность и доказывающие свою эффективность в кардиологии ИНС должны применяться в комплексе с традиционными статистическими методами обработки данных об ЭКГ-параметрах обследуемых.

#### **Литература:**

1. Joon-myoung Kwon, Younghoon Cho, Ki-Hyun Jeon, Soohyun Cho, Kyung-Hee Kim, Seung Don Baek, Soomin Jeung, Jinsik Park, Byung-Hee Oh. A deep learning algorithm to detect anaemia with ECGs: a retrospective, multicentre study. *Lancet Digital Health*. 2020. 2: e358–67.
2. Kozlova V. V., Galkin V. A., Filatov M. A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos. *Journal of Physics Conference Series*. 2021. Vol. 1889 (5). P. 052016. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052016.
3. Ибраева Н. Р. Анализ сферы применения нейронных сетей в горных машинах. *Горное оборудование и электромеханика*. 2021. № 6 (158). С. 21–25. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-6-21-25.
4. Программное обеспечение для скрининговых исследований сердца КардиоВизор–06с. Руководство пользователя. МКС. 76 с.
5. Прохоров А. С. Применение нейронных сетей для обеспечения безопасности человека в жилых и промышленных помещениях. *Символ науки*. 2021. № 1. С. 25–29.

УДК 004.852; 004.048; 551.509.3

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ В ПРЕДСКАЗАНИИ О ЗАВЕРШЕНИИ ПЕРИОДА ВОЗВРАТНЫХ ВЕСЕННИХ ЗАМОРОЗКОВ

*Солозобов В.А.,*

*магистрант, solozobov\_va@edu.surgu.ru*

*Научный руководитель: Лысенкова С.А., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры ИВТ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** Главным результатом данного исследования является разработка регрессионной модели, способной прогнозировать день, начиная с которого вероятность весеннего заморозка приближается к нулю в весенне-летний период. Дополнительной целью является определение методики обработки необходимых данных и подбора их объема для построения оптимальной регрессионной модели, которая может быть применена для создания моделей в других регионах в будущем.

**Ключевые слова:** линейная регрессия, машинное обучение, метеоданные, весенний заморозок, прогнозирование, предсказание, временные ряды

## APPLICATION OF A REGRESSION MODEL IN PREDICTING THE END OF THE PERIOD RETURNING SPRING FROSTS

*Solozobov V.A.,*

*master's student, @gmail.com*

*Scientific supervisor: Lysenkova S.A., Ph.D. in Physics and Mathematics Sciences,  
Associate Professor of the Department of Computer Science  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Abstract.** The main result of this study is the development of a regression model capable of predicting the day from which the probability of spring frost approaches zero in the spring-summer period. An additional goal is to determine a methodology for processing the necessary data and selecting its volume to build an optimal regression model, which can be used to create models in other regions in the future.

**Keywords:** linear regression, machine learning, weather data, spring frost, forecasting, prediction, time series

**Введение.** С наступлением первых положительных дневных температур, появляется возможность ранней высадки растений в открытый грунт, включая рассаду и семена. На одной стороне, ранняя высадка позволяет получить более ранний и обильный урожай осенью, особенно в северных регионах, где летнее время ограничено. С другой стороны, весенний заморозок представляет угрозу для рано высаженных или только что проросших растений, что может привести к серьезным повреждениям. Поэтому важно найти баланс между ранней датой высадки и риском заморозка.

Для определения этой оптимальной даты высадки будет использоваться регрессионная модель. Она позволит определить день, после которого вероятность наступления отрицательных температур приближается к нулю, что означает окончание периода возвратных заморозков. Модель работает в режиме реального времени и каждый новый день предоставляет прогнозную дату. Это особенно актуально для северных районов, где ранняя высадка растений является приоритетом. Таким образом, данная регрессионная модель помогает найти оптимальный момент для высадки растений, где риск заморозка минимальный, позволяя сократить время до урожая и снизить потенциальные ущербы от заморозков.

Проблематика алгоритмов и методов построения моделей для прогнозирования метеорологических данных в будущем, таких как температура, осадки и ветровая обстановка, разработана довольно подробно [1–3]. Однако исследований, связанных с предсказанием конкретных погодных явлений или случаев, намного меньше. Несмотря на большое разнообразие методов и алгоритмов, используемых для обработки данных и построения моделей, нет конкретных рекомендаций по выбору подхода для достижения наилучших показателей предсказания при работе с метеорологическими данными [4]. Цель данной работы заключается в систематизации подхода к выбору и подготовке данных для создания оптимальной модели, которая предсказывает конкретное погодное явление — завершение периода возвратных заморозков. В выше приведенной формулировке конкретные исследования, посвященные построению моделей, предсказывающих окончание периода возвратных весенних заморозков, отсутствуют. Однако существуют работы, связанные с краткосрочным предсказанием заморозков [6, 7] и множество исследований по предсказанию температуры [8]. Путем предсказания температуры можно определить период окончания весенних возвратных заморозков. В данной работе мы не будем предсказывать температуру, а сосредоточимся на предсказании самого явления - заморозка. Таким образом, перед нами стоит задача классификации, а не регрессии. Переформулировка задачи позволяет сузить и конкретизировать её, что должно привести к повышению точности предсказания. Кроме того, при постановке задачи предсказания окончания периода весенних заморозков, будут применяться методы и подходы, отличающиеся от тех, которые используются для прогнозирования температуры.

Новизна состоит в том, что задача переформулирована и сводится к задаче классификации, которая является более узкой, чем предсказание температуры, что должно привести к более точным предсказаниям. Кроме того, большинство работ, связанных с предсказанием заморозков, касаются краткосрочных прогнозов на несколько часов или суток [9–11]. В данной работе мы делаем прогноз о завершении периода заморозков, то есть делаем долгосрочный прогноз.

*Материалы и методы.* Для построения модели по классификации выбрана регрессионная модель с логистическим расчетом ошибки. Регрессионная модель была выбрана из-за ее разработанности и простоты, что позволяет провести множественное обучение моделей на основе различных входных параметров для последующего сравнения и выбора методов подготовки данных [12]. Данная модель также позволяет интерпретировать полученные результаты, чтобы понять значимость параметров и их влияние на предсказание заморозков.

Местом для предсказания заморозков был выбран Сургутский район. Для этого района доступен архив погодных данных [13], который включает 19 лет метеорологических показателей с 2005 по 2024 годы: температура, влажность воздуха, давление, направление и скорость ветра, осадки и облачность. Всего в архиве содержится 52 560 строк с 23 параметрами. За каждый день было выполнено 8 замеров по этим параметрам. При этом возникает вопрос о том, следует ли использовать все замеры или, например, только среднюю температуру за день. Также важным вопросом является размер скользящего окна, которое будет перемещаться по временному ряду. Скользящее окно представляет собой количество замеров на временном ряду, используемых для обучения и, соответственно, для предсказания. В данном случае оно будет измеряться в сутках и

перемещаться с интервалом в один день. Также неизвестно, какие параметры необходимы для точного прогнозирования. Возможно, существует полиномиальная зависимость от этих параметров. Все эти вопросы будут рассмотрены в данной работе.

Для построения оптимальной регрессионной модели, предсказывающей окончание периода весенних заморозков, необходимо выполнить следующие этапы:

1. Определение диапазона гиперпараметров обучения регрессионной модели. Это включает настройку гиперпараметров модели, таких как скорость обучения, количество эпох.
2. Определение метрики для сравнения и выбора оптимальной модели.
3. Определение наборов данных и их формата, которые будут использоваться для обучения регрессионной модели и последующего сравнения. В данном случае это архив погодных данных для Сургутского района с различными метеорологическими показателями.
4. Определение методов обработки данных, таких как очистка данных от выбросов или пропущенных значений, нормализация данных для устранения масштабных различий между параметрами и генерация новых данных на основе имеющихся, если это необходимо.
5. Расчет серии моделей на основе выбранных наборов данных и гиперпараметров. Это включает обучение моделей на тренировочных данных и проверку их производительности на тестовых данных.
6. Сравнение моделей и выводы на основе выбранной метрики. На этом этапе производится анализ результатов и выбор оптимальной модели, которая демонстрирует наилучшую производительность в предсказании окончания периода заморозков.

Выполнение этих этапов позволит достичь цели построения оптимальной регрессионной модели для предсказания окончания периода возвратных заморозков.

Для поиска оптимальной модели будут рассмотрены модели с регуляризацией Ridge, Lasso и смешанной. Коэффициент регуляризации будет варьироваться в диапазоне от 0.0001 до 0.05. Независимо от выбранного набора данных, данные будут разделены на две части: тестовую (6 лет) и обучающую (13 лет). Для сравнения результатов будет использоваться минимальное среднее количество ошибок за один год на всей выборке, состоящей из 19 лет. При этом ошибка на тестовом наборе должна быть меньше ошибки на обучающем наборе.

Расчеты будут происходить по следующей схеме:

Ошибка\_тестовой\_группы = Общее\_кол-во\_ошибок\_в\_Тестовой / 6

Ошибка\_обучающей\_группы = Общее\_кол-во\_ошибок\_в\_Обучающей / 12

Если Ошибка\_тестовой\_группы < Ошибка\_обучающей\_группы, то

Ошибка\_общая = mean (Ошибка\_тестовой\_группы; Ошибка\_обучающей\_группы)

Если Ошибка\_тестовой\_группы > = Ошибка\_обучающей\_группы, то

Ошибка\_общая = Ошибка\_тестовой\_группы

При этом будут отдельно рассчитаны ложно-отрицательная, ложно-положительная и общая ошибка. Основной фокус будет сделан на ложно-отрицательной ошибке и именно на ее основе будет производиться выбор модели.

Для создания тренировочной выборки будет использоваться комбинация факторов (таблица 1). Каждый критерий будет выбираться последовательно, а затем переходить к выбору следующего. В результате получится 432 комбинации выборок. Регрессионные модели будут обучаться на всех этих выборках. Путем сравнения метрик качества мы сможем сделать выводы о том, как подготовить обучающую выборку для данного типа прогнозирования. Что касается первого пункта (выбор данных и годов для обучающей выборки), процедура будет следующей:

1. Рассчитывается диапазон времени, в течение которого происходят весенние заморозки для каждого года, а также амплитуда колебаний температуры в этот период.
2. На основе этих критериев выбираются годы, которые будут включены в обучающую выборку.

В процессе проверки данных, если некоторые данные отсутствуют, они будут созданы путем усреднения соседних измерений. Для нормализации данных будет использоваться диапазон от 0 до 1, основанный на выборке, на которой происходит обучение моделей.

Таблица 1.

Параметры, по которым происходит формирование обучающих выборок

Категория выбора	Вариант выбора
Выбор данных, какие года будут в обучающей выборке	с равномерным распределением
	с самыми длинными периодами заморозков
	с самыми большими колебаниями температур в период заморозков
Выбор кол-ва замеров, на основе которых будет происходить прогноз:	1 среднесуточный замер
	8 замеров в сутки
Выбор кол-ва дней, на основе которых будет происходить прогноз:	15 дней
	30 дней
	45 дней
	60 дней
Выбор, по каким признакам будет происходить прогноз:	Температура
	Температура + Давление
	Температура + Коэф. влажности
	Температура + Ветер(скорость, направление)
	Температура + Давление + Коэф. влажности
	Температура + Давление + Коэф. влажности + Ветер (скорость, направление)
Выбор из создаваемых новых признаков на основе имеющихся(поиск полиномиальных зависимостей):	Не создавать
	Перемножение
	Возведение в квадрат

*Результаты.* В результате применения машинного обучения были получены метрики сравнения для 432 моделей. В таблице 2 представлена только часть данных, включающая оптимальную модель. В этой таблице отсутствуют результаты моделей, построенных на основе выборок с полиномиальными зависимостями, поскольку их включение не повысило точность предсказания. Также в табл. 2 не представлены результаты моделей, обученных на основе среднесуточных замеров. Обучение на среднесуточных замерах может показать большую обобщающую способность, однако в данной работе основная метрика – это минимальная ложно-отрицательная ошибка, для которой необходимы все 8 замеров.

Таблица 2.

Итоговая таблица сравнения полученных моделей

Синтезированные данные	Замеры	Окно, сутки	Параметры	FP(L)	FN(L)		FP(T)	FN(T)	Sum	(FP)ALL L_everistic	(FN)ALL _everistic	(FP+FN) ALL_everistic
Нет	8 замеров	15	T	32	29		19	12	92	3.17	2.16	5.32
			T+P	46	27		22	10	105	3.67	1.95	5.61
			T+U	46	19		28	6	99	4.67	1.32	5.98
			T+W	4	9		36	2	51	6.00	0.58	6.58
			T+P+U	44	23		24	11	102	4.00	1.83	5.83
			T+P+U+W	27	15		25	6	73	4.17	1.11	5.27
		30	T	34	23		23	8	88	3.83	1.63	5.46
			T+P	30	20		26	9	85	4.33	1.53	5.86
			T+U	34	20		24	8	86	4.00	1.47	5.47
			T+W	25	11		25	3	64	4.17	0.74	4.90
			T+P+U	33	17		27	8	85	4.50	1.33	5.83
			T+P+U+W	27	12		25	3	67	4.17	0.79	4.96
		45	T	35	18		27	2	82	4.50	1.05	5.55
			T+P	34	12		28	6	80	4.67	1.00	5.67
			T+U	23	7		19	4	53	3.17	0.67	3.83
			T+W	22	2		32	0	56	5.33	0.11	5.44
			T+P+U	30	12		23	3	68	3.83	0.79	4.62
			T+P+U+W	15	0		33	1	49	5.50	0.17	5.67
		60	T	33	10		29	0	72	4.83	0.53	5.36
			T+P	30	11		27	5	73	4.50	0.84	5.34
			T+U	7	1		24	1	33	4.00	0.17	4.17
			T+W	0	0		54	0	54	9.00	0.00	9.00
			<b>T+P+U</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		<b>27</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>4.50</b>	<b>0.00</b>	<b>4.50</b>
			T+P+U+W	0	0		50	0	50	8.33	0.00	8.33

*Выводы.* На основе результатов (таблица 2) можно сделать следующие выводы относительно предсказания возвратного весеннего заморозка:

- при использовании окна до 45 дней для прогнозирования, температура и параметры ветра играют важную роль в достижении точности прогноза;
- при увеличении окна до 60 дней начинает проявляться влияние влажности на прогноз;
- значение влажности имеет большее влияние при использовании 8 замеров в сутки;
- данные о давлении имеют незначительное влияние на способность прогнозирования;
- при использовании среднесуточных замеров окно до 45 дней достаточно для достижения хорошей точности прогноза;
- для увеличения точности прогноза при использовании 8 замеров требуется окно до 60 дней;
- включение полиномиальных данных (возведение в квадрат, перемножение) не приводит к улучшению точности предсказания.

*Заключение.* Регрессионная модель позволяет прогнозировать окончание периода весеннего обратного заморозка средней ошибкой в 4,5 дня за сезон. Модель также обладает низким уровнем ложно-положительных ошибок, что позволяет минимизировать потенциальные убытки при неправильном прогнозе. Ложно-отрицательных ошибок не наблюдается.

Выводы данной работы могут быть полезны при создании аналогичных регрессионных моделей для других регионов.

#### Литература:

1. Кобзаренко Д. Н. Анализ временных рядов – скоростей и направлений ветра с помощью моделей нейронных сетей и задачи классификации // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 4–1 (54). С. 127–133.
2. Holmstrom M. Machine learning applied to weather forecasting / M. Holmstrom, D. Liu, C. Vo // Stanford University. 2018. P. 91–97.
3. Шарапов Р. В. Использование нейронных сетей для прогнозирования погоды // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2022. № 1 (43). С. 50–54.
4. Azari B. Evaluation of machine learning methods application in temperature prediction / B. Azari, K. Hassan, J. Pierce, S. Ebrahimi // Environ Eng. 2022 (8). P. 1–12.
5. Gupta I. Mlrm. A multiple linear regression based model for average temperature prediction of a day / I. Gupta, H. Mittal, D. Rikhari, A. K. Singh // ArXiv. 2022. P. 2203.
6. Rozante J. R. Development of an index for frost prediction: Technique and validation / J. R. Rozante, E. R Gutierrez // Meteorological Applications. 2020. Vol. 27. P. 1–12.
7. Kim Y. Study on the estimation of frost occurrence classification using machine learning methods // Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 19. № 3. P. 86–92.
8. Anjali T. Temperature Prediction using Machine Learning Approaches / T. Anjali, K. Chandini, K. Anoop and V. L. Lajish. 2-nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT), Kannur, India. 2019. P. 1264–1268.
9. Verdes P. F. Frost prediction with machine learning techniques / P. F. Verdes, P. M. Granitto, H. D. Navone, H. A. Ceccatto // In VI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2019. P. 50–68.
10. Talsma C. J. Frost prediction using machine learning and deep neural network models / C. J. Talsma, K. C. Solander M. K. Mudunuru, B. Crawford and M. R. Powell // Frontiers in Artificial Intelligence. 2023 (5). P. 963781.
11. Chun J. A. Comparative assessment of frost event prediction models using logistic regression, random forest, and LSTM networks / J. A. Chun, H. J. Lee, S. H. I. D. Kim, S. S. Baek // Journal of Korea Water Resources Association. 2021. 54 (9). P. 667–680.
12. Maulud D. A Review on Linear Regression Comprehensive in Machine Learning/ D. Maulud, A. M. Abdulazeez // Journal of Applied Science and Technology Trends. 2020. 1 (4). P. 140–147.
13. Архив метеоданных. – URL: <https://rp5.ru/> (Дата обращения: 12.08.2022).
14. Солозобов В. А. Исследование возможности использования нейронных сетей для предсказания возвратных весенних заморозков и поиск оптимального набора данных для этого вида прогнозирования // Наука и инновации XXI в.: Сб. ст. по м-лам IX Всероссийской конференции молодых ученых. В 4-х т. Сургут, 02 ноября 2022 г. Т. I. Сургут: Сургутский государственный университет, 2023. С. 150–155.

УДК 004

## **RFM-АНАЛИЗ РАБОТЫ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ В СИСТЕМЕ LOGINOM**

**Богоева А.В.,**

*магистрант, nbogoeva@mail.ru*

*Научный руководитель: Чалей И.В., д-р техн. наук, профессор кафедры ПМ  
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

**Аннотация.** В настоящее время компании стремятся постоянно совершенствовать свои маркетинговые стратегии и улучшать взаимодействие с клиентами. Один из эффективных инструментов для достижения этой цели является RFM-анализ, позволяющий классифицировать клиентов по степени их активности и значимости для организации. В докладе приводится вариант реализации анализа средствами Loginom.

**Ключевые слова:** RFM-анализ, автозаправочные станции, система Loginom, low-code платформа

## **RFM ANALYSIS OF THE OPERATION OF GAS STATIONS IN THE LOGINOM SYSTEM**

**Bogoeva A.V.,**

*undergraduate student, nbogoeva@mail.ru*

*Scientific supervisor: Chaley I.V., Dr. tech. Sciences, Professor of the Department of PM  
Surgut State University, Surgut, Russia*

**Annotation.** Currently, companies are constantly striving to improve their marketing strategies and improve customer interaction. One of the effective tools to achieve this goal is RFM analysis, which allows you to classify customers according to their degree of activity and importance to the organization. The report provides a variant of the Loginom analysis implementation.

**Keywords:** RFM analysis, gas stations, Loginom system, low-code platform

**Введение.** Актуальность данной темы исследования обусловлена несколькими факторами. В современной бизнес-среде все более важным становится удержание клиентов и повышение их лояльности. Для этого компании должны эффективно анализировать свою клиентскую базу и понимать, каким образом разделить клиентов на различные сегменты и продумать индивидуальные маркетинговые стратегии.

RFM-анализ является мощным инструментом для классификации клиентов по их активности и значимости для организации. Он основывается на трех ключевых показателях: R (Recency) – давность, новизна сделки, т. е. производится подсчет времени с момента совершения крайней сделки. Если времени прошло мало, то вероятность, что клиент в скором времени возобновит активность – больше. F (Frequency) – частота, позволяет определить готовность потребителя совершать повторные покупки в будущем. M (Monetary) – сумма от продажи товара решает, как будет вести себя клиент в дальнейшем: если было приобретено товаров и услуг на достаточно большую сумму, то вероятность повторного обращения клиента велика [1]. Применение этого

анализа позволяет выделить ценных клиентов, определить их потребности и ожидания, а также разработать персонализированные маркетинговые стратегии.

Цель данной работы заключается в исследовании возможностей применения RFM-анализа для анализа клиентской базы автозаправочных станций ПАО «Сургутнефтегаз» с использованием инструментария Loginom. ПАО «Сургутнефтегаз» является ведущим оператором на рынке энергетики и обладает обширной клиентской базой.

В рамках исследования рассматривается клиентская база автозаправочных станций ПАО «Сургутнефтегаз». Материалы и методы исследования включают в себя анализ теоретических аспектов RFM-анализа, обзор существующих методов, сбор данных о клиентах и разработку оптимальной модели RFM-анализа с использованием системы Loginom.

*Материалы и методы.* В исследовании были поставлены следующие задачи:

- 1) провести анализ теоретических аспектов RFM-анализа и его применимости в маркетинговых стратегиях;
- 2) произвести обзор существующих методов RFM-анализа и оценить применимость инструментария Loginom для реализации данного анализа;
- 3) осуществить сбор данных о клиентах заправок ПАО «Сургутнефтегаз»;
- 4) разработать оптимальную модель RFM-анализа и провести сегментацию клиентской базы в системе Loginom.

*Результаты и их обсуждения.* Всеобщее известно, что далеко не все клиенты являются одинаковыми для компаний, исходя из аспекта получения прибыли от них, в связи с чем требуется проводить ранжирование. Очевидно, что работа с разными сегментами клиентов будет отличаться друг от друга. На основе этого анализа можно определить несколько групп клиентов [2]:

1. Группа «Суперклиенты» – клиенты, которые часто посещают автозаправочные станции, делают большие покупки и тратят на них значительные суммы денег. Они являются основными драйверами прибыли для станции и требуют особого внимания и наград поощрения.

2. Группа «Активные клиенты» – клиенты, которые регулярно посещают автозаправочные станции и делают средние покупки. Они также являются важными клиентами, которые приносят стабильный поток доходов.

3. Группа «Спящие клиенты» – клиенты, которые давно не совершали покупки на автозаправочной станции. Они требуют дополнительного внимания и могут быть реактивированы через специальные маркетинговые акции и предложения.

4. Группа «Периодические клиенты» – клиенты, которые делают покупки на автозаправочной станции периодически, но не слишком часто. Они могут быть стимулированы для увеличения своей активности с помощью фокусированных кампаний.

RFM-анализ позволяет определить, в какой группе находится каждый клиент и дальше принимать меры для улучшения взаимодействия с клиентами каждой группы. Например, для «Суперклиентов» можно предложить специальные бонусы и скидки, чтобы поощрить их посещать станцию регулярно и тратить больше денег. Для «Спящих клиентов» можно провести таргетированные рекламные кампании, чтобы привлечь их вновь на станцию.

Система Loginom представляет собой технологическое решение, которое позволяет автоматизировать процесс сбора и анализа данных о клиентах, а также разрабатывать и оптимизировать маркетинговые стратегии.

Loginom Company изучает проблему разработки решений в области анализа данных уже больше двадцати лет. В течение этого времени компания занималась тестированием различных подходов к анализу данных и пришла к выводу, что «хорошо все, что является простым». Просто, естественно, имеется в виду для пользователей, то есть, просто научиться, просто осуществить внедрение, просто эксплуатировать. Так, интуитивно, компания подошла к парадигме low-code (низкого кода) подхода при формировании аналитического программного обеспечения [3].

RFM-анализ в системе Loginom для автозаправочных станций предполагает:

1. Сбор данных о клиентах: в первую очередь необходимо собрать достаточно информации о клиентах автозаправочных станций. Это могут быть данные о дате последней покупки, сумме последней покупки, общей сумме покупок за определенный период, частоте покупок и другие факторы, которые позволят оценить их активность и ценность для бизнеса.

2. Ранжирование клиентов по RFM-показателям: на основе собранных данных следует провести ранжирование клиентов по RFM-показателям. На основе этих показателей каждому клиенту присваивается определенный рейтинг.

3. Группирование клиентов: после ранжирования клиентов следует разделить их на группы (сегменты) с использованием прогнозных моделей и алгоритмов кластеризации. Это позволит выявить особенности каждой группы и определить, какие клиенты являются наиболее активными и ценными. В классическом варианте вся шкала сегментирования разбита на 5 делений в каждом измерении, всего образуется 125 сегментов (групп) [1].

Далее происходит синтез полученных результатов, после чего каждый клиент получит свой RFM-код. Так о клиенте с кодом 111 можно сделать вывод, что он уйдет, если его не привлекать, но не стоит забывать, что он уже обратился один раз. Код 555 дает информацию о лояльном потребителе, в котором можно быть уверенным. Коды помогают принять решение о выборе стратегии повышения лояльности и обслуживания. Высоко ценятся и клиенты с коэффициентом монетизации 5, поэтому их стараются привлечь всевозможными способами [4].

4. Разработка стратегий взаимодействия: после группирования (сегментирования) клиентов необходимо разработать индивидуальные стратегии для каждой группы. Это может включать предложение персонализированных скидок и акций, направленных на удержание клиентов, а также продвижение товаров и услуг, наиболее популярных среди определенной группы клиентов.

5. Мониторинг и анализ результатов: после внедрения стратегий взаимодействия с клиентами следует осуществлять мониторинг и анализ результатов. Необходимо определить эффективность каждой стратегии и внести необходимые изменения в дальнейшую работу.

Платформа Loginom является подходящим вариантом для реализации RFM-анализа. Loginom – это совершенно новый продукт, который планирует полностью изменить подход к анализу данных. В Loginom встроены все необходимые алгоритмы анализа данных – от формул до машинного обучения. Архитектура Loginom позволит сократить время реализации внедрения решений в несколько раз. Благодаря интеграции с различными источниками данных, данная платформа будет являться отличным решением для компаний, у которых данные расположены в разных форматах и применять к ним необходимые алгоритмы обработки.

*Выводы.* Изучение особенностей платформы Loginom свидетельствует о значительном потенциале использования данной платформы для внедрения RFM-анализа в работу автозаправочных станций. Внедрение этого метода анализа с помощью Loginom позволит оптимизировать процессы предприятий, освободив специалистов от рутинных задач.

### **Литература:**

1. Кузнецова Л. В., Брусенцова Л. С. Методы оценки лояльности потребителей // Российское предпринимательство. 2012. № 12 (210). С. 71–76.
2. Каверина И. С. Анализ существующих методов управления клиентской базой для повышения конкурентоспособности аптечной организации // Бюлл. сиб. медицины. 2014. № 4.
3. Платформа Loginom // Образовательный портал «Справочник». – URL: [https://spravochnick.ru/informatika/platforma\\_loginom/](https://spravochnick.ru/informatika/platforma_loginom/) (дата обращения: 10.02.2024).
4. Шуклина З. Н. Современный маркетинг: краткий лекционный курс. Прага: Sociosféra-CZ, 2015. 77 с.

Проблемы и решения автоматизации XXI века:  
VII Национальная научно-практическая студенческая конференция: Сургут, СурГУ, 1-2 марта 2024 г.

*Научное издание*

**ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ  
АВТОМАТИЗАЦИИ XXI ВЕКА**

*Материалы  
VII Национальной научно-практической  
студенческой конференции*

Редактор А.А. Исаев

БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»  
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,  
г. Сургут, пр. Ленина, 1.  
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29