



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНЖИНИРИНГ

Сборник материалов
III международной молодежной
научно-практической конференции
г. Белгород, 23 апреля 2025 г.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНЖИНИРИНГ

Сборник материалов
III Международной молодежной
научно-практической конференции
г. Белгород, 23 апреля 2025 г.



Белгород 2025

УДК 004
ББК 32.81
И 74

Рецензенты:

И.Н. Беляева, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры информатики, ЕНД и МП НИУ «БелГУ»;

Т.А. Дуюн, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой технологии машиностроения
Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова

И 74 **Информационные технологии и инжиниринг:** сборник материалов III международной молодежной научно-практической конференции, г. Белгород, 23 апреля 2025 г. / под ред. О.А. Иващук. – Белгород: ЦПП ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2025. – 462 с. – URL : <http://dspace.bsuedu.ru/handle/123456789/65260> – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9571-3892-1

В сборнике освещаются актуальные теоретические и практические проблемы развития информационных технологий в различных сферах деятельности. Представлены результаты исследований и разработок, реализуемых в российских и зарубежных университетах аспирантами, магистрантами и студентами. Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте научной электронной библиотеки (НЭБ): www.elibrary.ru

Статьи публикуются в авторской редакции. Авторы несут ответственность за содержание статей, за достоверность приведенных в статье фактов, цитат, статистических и иных данных, имен, названий и прочих сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности.

Минимальные системные требования
Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т. п.
скорость подключения – не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т. п.

УДК 004
ББК 32.81

ISBN 978-5-9571-3892-1

© НИУ «БелГУ», 2025

Программный комитет

Жихарев Александр Геннадьевич	доктор технических наук, доцент, директор Института инженерных и цифровых технологий НИУ «БелГУ», председатель
Иващук Ольга Александровна	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных и робототехнических систем Института инженерных и цифровых технологий НИУ «БелГУ», заместитель председателя
Афонин Андрей Николаевич	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных и робототехнических систем Института инженерных и цифровых технологий НИУ «БелГУ»
Жумабаева Лаула Орынбасаровна	кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой «Компьютерные науки» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова
Кенжебаева Жанат Елубаевна	кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Компьютерные науки» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова
Иващук Олег Орестович	кандидат физико-математических наук, профессор кафедры «Компьютерные науки» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова
Коськин Александр Васильевич	доктор технических наук, профессор, директор департамента информатизации и перспективного развития ОГУ им. И.С. Тургенева
Кузичкин Олег Рудольфович	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных и робототехнических систем Института инженерных и цифровых технологий НИУ «БелГУ»
Лозовая Светлана Юрьевна	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных и робототехнических систем Института инженерных и цифровых технологий НИУ «БелГУ»
Маторин Сергей Игоревич	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных и робототехнических систем Института инженерных и цифровых технологий НИУ «БелГУ»
Польщиков Константин Александрович	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных и робототехнических систем Института инженерных и цифровых технологий НИУ «БелГУ»

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ ПО ИТОГАМ ПЛЕНАРНОГО ЗАСЕДАНИЯ

Гирько С.Э.

Автономная микроконтроллерная система управления для безэкипажного катера 16

Girko S.E.

Autonomous microcontroller control system for a crewless boat..... 16

Городов И.А.

Микроконтроллерная система управления для горелок 21

Gorodov I.A.

Microcontroller control system for burners 21

Дунаева В.А., Ключкин А.В.

Использование искусственного интеллекта в научных исследованиях для анализа данных электроэнцефалографии и прогнозирования эпилепсии 25

Dunaeva V.A., Klyuchkin A.V.

Use of artificial intelligence in scientific research for analysis of electroencephalography data and prediction of epilepsy..... 25

Зайцев Д.А.

Разработка веб-приложения для определения состояния легких человека с применением технологий машинного зрения и глубокого обучения 29

Zaitsev D.A.

Development of a web application for human lung condition detection using machine vision and deep learning..... 29

Тарарьев М.С., Дунаева В.А.

Использование возможностей технологии «.NET» при разработке программного приложения информационной системы в среде Microsoft Windows: технология и алгоритм программной реализации, пользовательский интерфейс 35

Tarariev M.S., Dunaeva V.A.

Using the capabilities of the .NET technology in the development of an information system software application in the Microsoft Windows environment: technology and algorithm of software implementation, user interface..... 35

СЕКЦИЯ 1

«ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Адамович В.А.

Метод конкордации и методы на основе искусственного интеллекта: сравнительный анализ эффективности 43

Adamovich V.A.

The concordance method and artificial intelligence-based methods: a comparative analysis of effectiveness 43

Бардинов К.О.

Анализ методов и алгоритмов интеллектуального анализа ключевых инвестиционных показателей проекта 48

Bardinov K.O.

Review of methods and algorithms for intelligent analysis of key investment indicators of the project..... 48

Войкин В.В.	
Разработка telegram-бота для мониторинга криптовалютных курсов	52
Vojkin V.V.	
Development of a telegram bot for monitoring cryptocurrency exchange rates.....	52
Гзогян С.Р., Дунаева В.А.	
Функциональное моделирование подсистемы предиктивной аналитики при автоматизированном управлении обогатительной фабрикой	56
Gzogyan S.R., Dunaeva V.A.	
Functional modeling of predictive analytics subsystem for automated control of a processing plant	56
Головков И.Е.	
Анализ современных автоматизированных информационных систем для учета и прогнозирования личных финансов	59
Golovkov I.E.	
Analysis of modern automated informational systems for personal finance tracking and forecasting	59
Голощанов М.Ю.	
Сравнительный анализ алгоритмов линейной регрессии	63
Goloshchapov M.Y.	
Comparative analysis of linear regression algorithms	63
Голышева Е.Н.	
Инструменты искусственного интеллекта для офисных работников.....	68
Golysheva E.N.	
Artificial intelligence tools for office workers.....	68
Дмитриева Ю.В.	
Роль и принципы системного подхода при моделировании организационных и технологических процессов.....	72
Dmitrieva Yu.V.	
The role and principles of the system Approach when modeling organizational and technological processes	72
Дорохов В.С.	
Программная реализация рекурсивных алгоритмов для решения шахматных задач с обработкой случайных чисел	77
Dorokhov V.S.	
Software implementation of recursive algorithms for solving chess problems with random number processing	77
Доценко П.Е.	
Исследование математических методов распознавания речи	82
Dotsenko P.E.	
Research of mathematical methods for speech recognition.....	82
Ерёменко В.А.	
Анализ современных мобильных приложений управления личным временем	85
Eremenko V.A.	
Analysis of modern mobile applications for personal time management.....	85
Канин М.В.	
Разработка информационной системы для магазина по продаже древесной продукции	90
Kanin M.V.	
Development of an information system for a store selling wood products	90

Карви Д.К.Д.	
Система поддержки принятия решений при управлении местоположением выпасаемых животных	94
Karwi J.Q.J.	
Decision support system for grazing livestock location management	94
Коваленко С.С., Нестерова Т.А.	
Анализ современных средств видеофиксации на предприятиях	98
Kovalenko S.S., Nesterova T.A.	
Analysis of modern video recording means at enterprises	98
Колчар В.В., Калужная М.М., Выродова Л.В.	
Разработка информационной системы для продажи строительных инструментов	103
Kolchar V.V., Kalyuzhnaya M.M., Vyrodova L.V.	
Development of an information system for the sale of construction tools.....	103
Котиков Д.С.	
Использование машинного обучения в задачах оптимизации компиляторов	108
Kotikov D.S.	
Application of machine learning in compiler optimization tasks	108
Критская В.Ю., Нестерова Е.В., Дунаева В.А.	
Анализ эффективности систем документирования процессов для минимизации потери критических знаний в IT-компаниях.....	112
Kritskaya V.Y., Nesterova E.V., Dunaeva V.A.	
Automated process documentation systems to minimize critical knowledge loss in IT companies.....	112
Марченко Д.А.	
Анализ современных способов репликации и резервирования данных в распределенных системах	117
Marchenko D.A.	
Analysis of modern methods of data replication and backup in distributed systems.....	117
Марченко Д.А.	
Анализ современных способов кластеризации данных	122
Marchenko D.A.	
Analysis of modern data clustering methods	122
Махди Т.Н.	
Система выбора параметров дублирования информационных пакетов в сети удаленного медицинского мониторинга.....	127
Mahdi T.N.	
System for selecting parameters of duplication of information packets in the remote medical monitoring network	127
Медведев А.А.	
Сравнительный анализ голосовых помощников: Google Assistant, Siri, Alexa и Алиса.....	130
Medvedev A.A.	
Comparative analysis of voice assistants: Google Assistant, Siri, Alexa and Alisa	130
Муравьев В.Д., Нестерова Е.В.	
Разработка веб-сервиса планирования и проведения онлайн-семинаров для образовательных организаций	135
Muravev V.D., Nesterova E.V.	
Development of web service for planning and conducting online seminars for educational organizations	135

Мурашко И.С.	
Разработка прототипа информационной системы экологического мониторинга сточных вод в промышленности	138
Murashko I.S.	
Development of a prototype of an information system for environmental monitoring of wastewater in industry.....	138
Мухин П.М.	
Геймификация как инструмент вовлечения пользователей в электронной коммерции	143
Mukhin P.M.	
Gamification as a tool for engaging users in E-commerce	143
Наumenко А.О.	
Роль искусственного интеллекта в электронной коммерции: будущее электронного бизнеса.....	148
Naumenko A.O.	
The role of artificial intelligence in e-commerce: the future of E-business.....	148
Неруш А.В.	
Адаптивное обнаружение киберугроз в критической информационной инфраструктуре с использованием гибридных моделей машинного обучения.....	153
Nerush A.V.	
Adaptive detection of cyber threats in critical information infrastructure using hybrid machine learning models	153
Нестеров Д.С.	
ИИ-консультанты в современном мире: перспективы и вызовы	158
Nesterov D.S.	
Analysis of modern standards and computer network management tools	158
Николенко В.Н., Маслий В.А.	
Создание рекомендаций по выбору книг для формирования системы каталогизации библиотеки.....	161
Nikolenko V.N., Maslij V.A.	
Creation of recommendations on the selection of books for the formation of a library cataloging system	161
Новомлинская А.С.	
Дополненная реальность как инструмент повышения продаж интернет-магазина	165
Novomlinskaya A.S.	
Augmented reality as a tool to boost online store sales	165
Пузырев Н.С.	
Разработка модели клиент-серверного приложения для формирования планов медицинского снабжения	169
Puzyrev N.S.	
Development of a client-server application model for medical supply planning	169
Романов А. В., Бондаревский В. К.	
Исследование подходов к проектированию мобильных приложений с использованием технологий AR	172
Romanov A.V., Bondarevskiy V.K.	
Research on design approaches for mobile applications using AR technologies	172

Рядинский И.С., Чурносков Е.В., Выродова И.Г. Проектирование информационной системы для магазина по продаже настольных игр	176
Ryadinskij I.S., Churnosov E.V., Vyrodova I.G. Designing an information system for a board game store.....	176
Сазонов Д.А. Комбинированный метод прогнозирования результатов проекта под влиянием рисков.....	180
Sazonov D.A. Combined method for forecasting project outcomes under risk influence	180
Сапунов М.Н. Анализ современных автоматизированных информационных систем для ведения учета веб-студии	185
Sapunov M.N. Analysis of modern automated information systems for accounting a web-studio	185
Труфанов А. Н. Влияние маркетплейсов на рынок электронной коммерции	189
Trufanov A. N. The impact of marketplaces on the E-commerce market	189
Уланский Н. С., Тарарьев М.С. Автоматизация развертывания систем управления серверной виртуализацией: платформы, инструменты и практические подходы.....	194
Ulanskiy N. S., Tararyev M.S. Automation of server virtualization management systems deployment: platforms, tools, and practical approaches	194
Улинец И.А. Перспективы и ограничения современных технологий мониторинга транспортных потоков.....	201
Ulinets J. A. Prospects and limitations of modern technologies for monitoring traffic flows	201
Федорова Н.В., Гончарова И.И., Козлов А.В. Разработка приложения для сельскохозяйственного мониторинга и управления ресурсами	205
Fedorova N.V., Goncharova I.I., Kozlov A.V. Development of application for agricultural monitoring and resource management.....	205
Федорова Н.В., Гончарова И.И., Козлов А.В. Разработка приложения для мониторинга технического состояния зданий на основе экспериментальных данных.....	209
Fedorova N.V., Goncharova I.I., Kozlov A.V. Development of an application for monitoring the technical condition of buildings based on simulation data	209
Фефелов О.С., Орехов Д.О. Разработка средств информатизации локальных парковочных пространств	214
Fefelov O.S., Orekhov D.O. Development of informatization tools for local parking spaces	214
Фефелов О.С., Худяева О.В. Информационные технологии управления безопасностью информации в системе федеральной налоговой службы России.....	218

Fefelov O.S., Khudaeva O.V. Information technologies for information security management in the system of the federal tax service of Russia	218
Фролов А.А. Сравнение пользовательской реализации линейной регрессии и библиотеки SCIKIT-LEARN	222
Frolov A.A. Comparison of a custom implementation of linear regression and the SCIKIT-LEARN library	222
Харьковский К.В. Разработка ERP-системы для ведения централизованного учёта ресурсов непроизводственных подразделений	228
Kharkovsky K.V. Development of an ERP system for centralized accounting of resources of non-production	228
Черников А.Н. Формирование структуры рейтинговой оценки абитуриентов при поступлении в университет	231
Chernikov A.N. Formation of the structure of the rating assessment of applicants upon admission to the university	231
Черных Е.М., Батищев Д.С. Архитектура программного комплекса интерпретируемой классификации лейкоцитов на основе экспертных правил	235
Chernykh E.M., Batishchev D.S. Architecture of a software complex for interpretable leukocyte classification based on expert rules.....	235
Чеснов Н.В. Проектирование модуля визуализации данных в информационных системах в сфере криминалистики	241
Chesnov N.V. Designing a data visualization module in information systems in the field of forensic science.....	241

СЕКЦИЯ 2

«МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАУКИ И ТЕХНИКИ»

Al Janzeer Z.M., Polshchikov I.K. Study of the accuracy of neural network classification of magnetic resonance images	247
Аль Жанзир З.М., Польщиков И.К. Исследование точности нейросетевой классификации изображений магнитно-резонансной томографии	247
Баданис К.Е. Интеграция мониторинга состояния дорожного покрытия в систему управления городским автомобильным трафиком	250
Badanis K.YE. Integration of road surface monitoring into the urban traffic management system.....	250

Балакшин М.С.

Автоматизированная система управления режимами передачи данных в сети
промышленного интернета вещей 255

Balakshin M.S.

Automated system for controlling data transfer modes in the industrial internet
of things network 255

Бекматов М.Х., Нестерова Е.В., Худасова О.Г., Бочаров Я.Ю.

Формирование признаков и выбор биосигналов
для мониторинга дыхания пациента для выявления апноэ 259

Bekmatov M.H., Nesterova E.V., Hudasova O.G., Bocharov YA.YU.

Formation of signs and selection of biosignals for monitoring
the patient's breathing to detect apnea 259

Бородин Р.А.

Роль немедицинских носимых устройств в интеллектуальных медицинских
информационных системах для мониторинга состояния пациентов
с сердечно-сосудистыми заболеваниями 263

Borodin R.A.

The role of non-medical wearable devices in intelligent medical information
systems for monitoring the condition of patients with cardiovascular diseases 263

Бушуев А.В., Топорков А.П.

Влияние повреждений изображений низкого разрешения и дообучения
моделей нейросетей на качество решения задач компьютерного зрения 268

Bushuev A.V., Toporkov A.P.

Impact of low-resolution image damages and further neural networks training
on the quality of solving computer vision problems 268

Бывшов В.И., Ключкин А.В., Дунаева В.А., Ильяшенко С.В.

Информационная система определения параметров карбоновых ферм
в зависимости от параметров пространственно-временной структуры
зон скопления парниковых газов в приземном слое атмосферы 274

Byvshov V.I., Klyuchkin A.V., Dunaeva V.A., Ilyashenko S.V.

Information system for determining the parameters of carbon farms depending
on the parameters of the spatial-temporal structure of the greenhouse gas
accumulation zone in the surface space of the atmosphere 274

Быканов И.Г., Хемраев Д.

Анализ технологических решений для разработки информационной
системы приемной комиссии высшего учебного заведения 277

Bykanov I.G., Khemraev D.

The analysis of technological solutions for developing an information system
for the admissions committee of a higher educational institution 277

Виноходов Д.А.

Разработка системы оптимизации планов снабжения с использованием
методов анализа данных 282

Vinokhodov D.A.

Development of a supply plan optimization system
using data analysis methods 282

Волков В.В.

Анализ методов и алгоритмов автономной навигации 288

Volkov V.V.

Analysis of methods and algorithms for autonomous navigation 288

Вольхин Е.О.	
Математическое моделирование фильтрационной устойчивости пород при оценке состояния массива в подземном строительстве на основе данных пневмоиспытаний	291
Volkhin E.O.	
Mathematical modeling of filtration stability of rocks in assessing the condition of an array in underground construction based on data from pneumatic tests	291
Головко Я.Ю.	
Автоматизация оценки степени повреждений объектов жилой инфраструктуры на основе алгоритмов машинного обучения	297
Golovko YA.YU.	
Automation of assessment of the degree of damage to residential infrastructure facilities based on machine learning algorithms	297
Грасько В.В.	
Разработка программы полуавтоматической сегментации изображений для создания трёхмерных моделей сосудов головного мозга: технико-экономическое обоснование	301
Grasko V.V.	
Development of a semi-automatic image segmentation program for creating 3D models of cerebral blood vessels: feasibility study	301
Доценко Э.Е.	
Анализ трафика сети и построение функции плотности вероятности	303
Dotsenko E.E.	
Network traffic analysis and probability density function construction	303
Елесин Е.В., Усков А.С.	
Проектирование системы управления роботизированной платформой.....	307
Elesin E.V., Uskov A.S.	
Design of a control system for a robotic platform	307
Еремин О.А.	
Разработка модели рейтингования для комплексного анализа достижений студентов.....	312
Eremin O.A.	
The development of a rating model for a comprehensive analysis of students achievements.....	312
Зиновьева М.А.	
Особенности моделирования процесса ферментации антибиотиков при ингибировании	315
Zinovyeva M.A.	
Features of modeling the process of antibiotics fermentation during inhibition	315
Иванов С.А.	
Тахеометры в обеспечении точности металлоконструкций сложной формы	321
Ivanov S.A.	
Total stations in ensuring the accuracy of metal structures with complex shapes.....	321
Игнатенко Н.В.	
Компьютерное моделирование при проектировании изделий	324
Ignatenko N.V.	
Computer modeling in product design.....	324

Камушкина Д.П., Поднебесная К.Д., Шеметова О.М. Автоматизация проектирования в компас 3D при помощи API.....	328
Kamushkina D.P., Podnebesnaya K.D., Shemetova O.M. Automation of design in kompas 3D using API	328
Ключкин А.В., Дунаева В.А., Бывшов В.И. Интеграция нейронных сетей в агрономию: прогнозирование параметров посева с учетом динамики парниковых газов	332
Klyuchkin A.V., Dunaeva V.A., Byvshov V.I. Integration of neural networks into agronomy: forecasting of seeding parameters based on greenhouse gas dynamics	332
Ковалев А.Л. Проектирование информационной системы оценки когнитивных и сенсомоторных способностей человека.....	335
Kovalev A.L. Design of an information system for the assessment of human cognitive and sensorimotor abilities.....	335
Коломоец Р.В. О возможности получения информации при реализации подсвета с использованием кооперируемых радиоэлектронных средств	339
Kolomoets R.V. The study of the possibility of obtaining information when implementing illumination using cooperative electronic means	339
Колядин А.И. Вопросы представления информации по электронным компонентам в радиоэлектронной отрасли	342
Kolyadin A.I. Issues of presentation of information on electronic components in the radio-electronic industry	342
Косминский Д.А. Биосовместимые термопласты и их перспективы в медицинской сфере.....	349
Kosminsky D.A. Biocompatible thermoplastics and their prospects in the medical sphere.....	349
Косминский Д.А., Гуденко О.В. Эффективность использования термопластов в энергетическом секторе.....	353
Kosminsky D.A., Gudenko O.V. Efficiency of using thermoplastics in the energy sector	353
Лесков Е.А., Сирота В.Г. О предметно-ориентированном проектировании в экономике	356
Leskov E.A., Sirota V.G. On subject-oriented design in economy	356
Литвинчук А.В., Маслий В.А., Бочаров Я.Ю., Нестерова Т.А. Проектирование архитектуры системы реабилитации пациентов с травмами позвоночника	359
Litvinchuk A.V., Maslij V.A., Bocharov YA.YU., Nesterova T.A. Designing the architecture of the rehabilitation system for patients with spinal injuries	359
Михайлик Г.Р. Использование фотоэлектронного умножителя для приёма сигнала в оптическом диапазоне	364
Mihaylik G.R. Using a photoelectric multiplier to receive a signal in the optical range	364

Морсаков И.О.	
Оценка надежности структурной схемы защиты ВЛ 110 кВ цифровой подстанции.....	369
Morsakov I.O.	
Evaluation of the reliability of the structural protection scheme 110 kV protection in a digital substation control scheme.....	369
Орехов А.О.	
Способ предварительной оценки характеристик метеорного канала связи на основе его модели	373
Orekhov A.O.	
Method for initial evaluation of characteristics of a meteor burst communication channel based on its mode	373
Пахольук А.А., Маматов М.Е., Худасова О.Г.	
Моделирование системы управления роботизированного мобильного комплекса	378
Pakholyuk A.A., Mamatov M.E., Khudasova O.G.	
Modeling of the control system of a robotic mobile complex	378
Плехова А.А.	
Математическая модель дискретных состояний клеток для симуляции электрофизиологических процессов в сердечной ткани.....	383
Plekhova A.A.	
Mathematical model of discrete state cells for simulating electrophysiological processes in cardiac tissue.....	383
Попов А.А.	
Современные методы биометрической аутентификации и их безопасность	389
Popov A.A.	
Modern methods of biometric authentication and their security	389
Растовцев П.Н.	
Методы мониторинга состояния медицинской техники.....	392
Rastovtsev P.N.	
Monitoring methods of medical technology	392
Русанов Е.В.	
Концепция децентрализованной серверной инфраструктуры для объединения ферм, защиты данных и повышения устойчивости цифрового фермерства	395
Rusanov E.V.	
Concept of decentralized server infrastructure for uniting farms, protecting data and increasing the sustainability of digital farming.....	395
Русанова Е.В.	
Автоматизированная система информационного обмена между муниципальными органами и органами исполнительной власти субъекта РФ.....	401
Rusanova E.V.	
Automated system of information exchange between municipal authorities and executive authorities of the subject of the Russian Federation	401
Савчиков С.С.	
Создание симулятора БПЛА в среде Unreal Engine с применением VR-технологий	407
Savchikov S.S.	
Development of a UAV simulator in Unreal Engine using VR technologies.....	407

Санникова И.А. Разработка автоматизированной системы экологического мониторинга на основе модуля ESP32	411
Sannikova I.A. Development of an automated environmental monitoring system based on the ESP32 module	411
Севостьянов Г.И. Управление роботом через брокер сообщений	416
Sevostyanov G.I. Controlling a robot via a message broker.....	416
Таран В.А. Методика создания размеченных наборов данных для задач детектирования повреждений стен тоннелей	420
Taran V.A. Methodology for creating labeled datasets for tunnel wall damage detection tasks.....	420
Тесля С.В., Сергеев Е.А. Способы и оборудование для производства минеральной ваты	424
Teslya S.V., Sergeev E.A. Methods and equipment for producing mineral wool	424
Уалихан А.Э., Баекенов Н.Г., Лакбай Н.Е. О разработке информационной системы жестового языка.....	428
Ualikhan A.E., Baekenov N.G., Lakbay N.E. On the development of sign language information system	428
Федорова Н.В., Гончарова И.И., Козлов А.В. Оптимизация энергоэффективности с помощью цифровых технологий	433
Fedorova N.V., Goncharova I.I., Kozlov A.V. Optimizing energy efficiency through digital technologies	433
Фирсов Н.Ю., Зарудный Н.О. Методы измерения электрофизических характеристик при поликонденсации алкидных смол	437
Firsov N.Y., Zarudny N.O. Methods of measuring electrophysical characteristics during polycondensation of alkyd resins	437
Хмызников К.С. Актуальность интеграции VR и AR в образовании: преимущества, проблемы, способы решения.....	441
Khmyznikov K.S. The relevance of VR and AR integration in education: advantages, problems, solutions	441
Худасова О.Г. Разработка концептуальной модели программно-аппаратного медицинского симуляционного комплекса	447
Hudasova O.G. Development of a conceptual model of a hardware and software medical simulation complex	447
Чепенко Р.О., Худасова Ю.Г., Маматов М.Е., Худасова О.Г., Шеметова О.М. Разработка комплексной системы реабилитации подвижности пальцев кисти руки.....	450

Chepenko R.O., Hudasova YU.G., Mamatov M.E., Hudasova O.G., Shemetova O.M.	
Development of a comprehensive finger mobility rehabilitation system	450
Шодмонов Ф.Ш., Худасова Л.И., Маматов М.Е., Худасова О.Г., Шеметова О.М.	
Разработка роботизированного устройства для реабилитации коленного сустава.....	454
Shodmonov F.SH., Hudasova L.I., Mamatov M.E., Hudasova O.G., Shemetova O.M.	
Development of a robotic device for knee joint rehabilitation	454
Яновский А.В.	
Интеллектуальная система для очистки звукового сигнала от шумов различного происхождения.....	457
Yanovsky A.V.	
An intelligent system for audio signal denoising of diverse noise origins	457

**МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
ПО ИТОГАМ ПЛЕНАРНОГО ЗАСЕДАНИЯ
MATERIALS OF REPORTS
ON THE RESULTS OF THE PLENARY SESSION**

УДК 62-503.5

*Научный руководитель:
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

**С.Э. ГИРЬКО
S.E. GIRKO**

**АВТОНОМНАЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ БЕЗЭКИПАЖНОГО КАТЕРА
AUTONOMOUS MICROCONTROLLER CONTROL SYSTEM
FOR A CREWLESS BOAT**

В данной статье освещаются проблемы разработки автономной системы управления для безэкипажного катера с точки зрения снижения ее себестоимости, а также настройки автопилота на базе инструментария INAV.

Ключевые слова: беспилотные системы; безэкипажный катер; автопилот; система управления.

In this article, the authors highlight the problem of developing an autonomous control system for a crewless boat in terms of reducing its cost.

Keywords: unmanned systems; unmanned boat; autopilot; control system.

Беспилотные системы находят всё большее применение в различных сферах человеческой деятельности: научные исследования, охрана объектов, пассажиро- и грузоперевозки и т.д. Данные системы исключают такую проблему, как человеческий фактор, что делает выполнение задач более эффективным [1]. Еще большую эффективность имеют устройства, оснащаемые автопилотом с множеством сценариев работы. Однако разрабатываемые на данный момент системы имеют высокую стоимость, что может стать критически важным пунктом для заказчика. Также стоит обратить внимание, что готовые системы могут иметь лишний функционал и низкую возможность расширяемости. Модульный подход может стать выходом в данной ситуации: система будет иметь только те компоненты, которые ей необходимы, будет возможность их последующей замены в случае ремонта или модернизации.

Целью данной работы является снижение себестоимости автономной системы управления малым безэкипажным катером с применением модульного подхода.

Создание автономной микроконтроллерной системы управления будет включать в себя разработку аппаратной части с подбором бюджетных и доступных компонентов, а также программной части, которая будет производиться с использованием инструментария создания автопилота INAV [2].

Малый безэкипажный катер должен обладать таким же набором датчиков, как и беспилотный летательный аппарат, за исключением барометра, поскольку вычислять текущую высоту для катера нет необходимости. В перечень элементов должны входить: магнитометр, акселерометр и гироскоп, модуль GPS, а также приемник сигналов управления по радиоканалу [3].

Структурная схема представлена ниже на рисунке 1.

В качестве микроконтроллерного блока управления был выбран STM32F411CEU6 Black pill, поскольку его аппаратных возможностей достаточно для малого безэкипажного катера. Данная плата поддерживает по 2 порта I2C, SPI и UART, чего тоже хватает для данной системы.

Акселерометр и гироскоп выполняют измерения ускорений и угловых скоростей по осям X, Y, Z соответственно. Данные компоненты размещаются на платах одного устройства. В качестве такового был выбран BMI-160, поскольку он является надежным, а также доступным компонентом. Подключаться будет по шине SPI: ведущим устройством является микроконтроллер, ведомым – BMI-160.

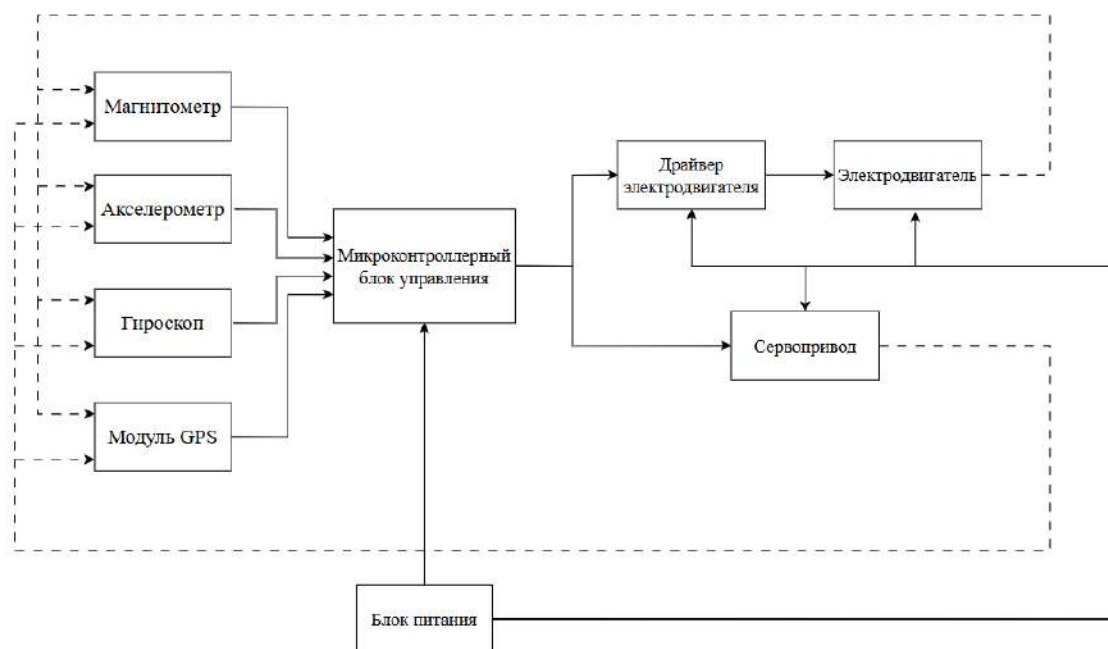


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления

Магнитометр используется для определения курса катера относительно магнитного поля Земли. С его помощью будет производиться стабилизация навигации и коррекция движения по заданному маршруту. Популярным решением для беспилотных систем является QMC5883L – улучшенная версия HMC5883L. Его интерфейсом подключения будет назначен I2C.

Для данного безэкипажного катера был выбран GPS-модуль GY-NEO6MV2 для последующего создания на его базе автопилота. Модуль работает исключительно по шине UART. Плата Black pill содержит в себе 2 таких интерфейса. Было принято решение подключить его к 1-му, 2-й оставить под приемник сигналов управления с пульта.

Общее подключение датчиков BMI-160, QMC5883L и GY-NEO6MV2 представлено на рисунке 2.

Как было оговорено ранее, 2-й UART-порт будет задействован для подключения R9DS – 9-канального приемника. Данный приемник может быть подключен как по аналоговому протоколу PPM, так и по цифровому SBUS. Для обеспечения большей помехозащищенности был выбран SBUS. Подключение приемника производится к пульту AT9S Pro, на тумблерах которого будут настроены режимы автопилота катера.

Безэкипажный катер приводится в движение щеточным мотором. Для управления скоростью вращения мотора необходим драйвер. Данным компонентом выбран TB6612FNG, реализованный на двух полумостах из MOSFET-транзисторов. На микросхему будет подаваться как напряжение питания самого устройства, так и электродвигателя, которое может достигать 13 В. Входы полумостов предназначены для управления направлением вращения электромотора, в то время как выходы будут

подключаться к выводам щеточного двигателя. На плате также предусмотрен режим STBY – Standby – для перехода в спящий режим и наоборот: мотор не обязательно должен работать постоянно.

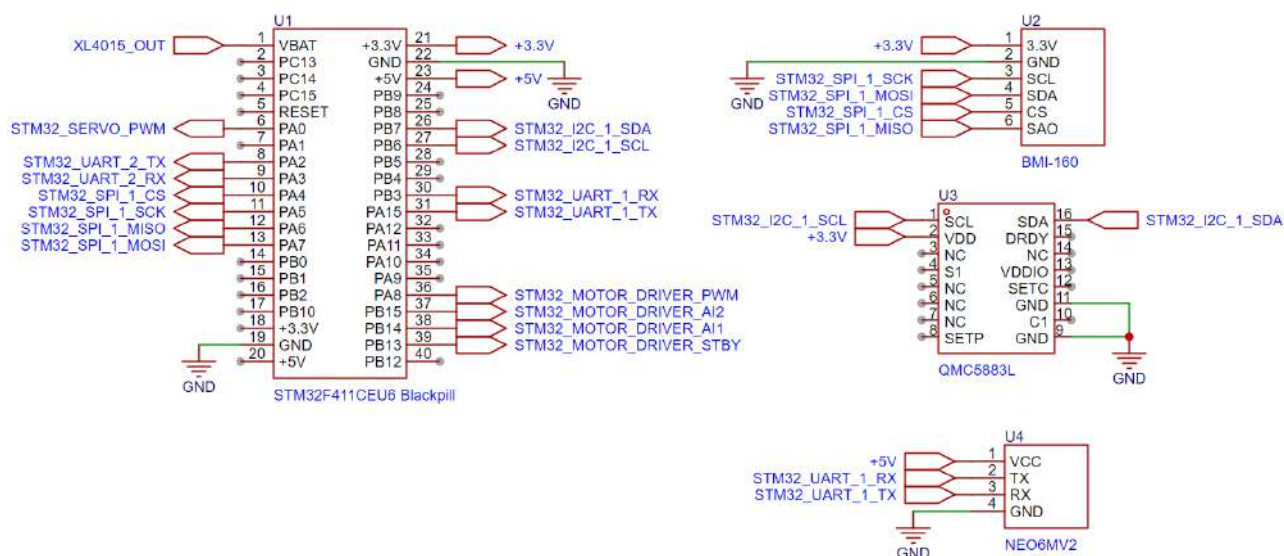


Рисунок 2 – Схема подключения датчиков

Программная реализация основана на INAV – инструментарию создания автопилота. Он имеет возможность поддержки множества видов беспилотных систем, в том числе катеров. Для большинства готовых полетных контроллеров уже существуют целевые прошивки. Однако для самодельных систем необходимо отредактировать файл прошивки, а именно инициализации компонентов и портов, к которым они подключаются.

Данным файлом выступает target.h: в нем прописывается, какие порты будут использоваться, какие компоненты, к каким портам они подключаются. Фрагмент файла target.h представлен в листинге 1.

Листинг 1 –Фрагмент файла target.h

```
#define USE_SPI
#define USE_SPI_DEVICE_1

#define SPI1_SCK_PIN           PA5
#define SPI1_MISO_PIN          PA6
#define SPI1_MOSI_PIN          PA7

#define USE_IMU_BMI160
#define IMU_BMI160_ALIGN       CW0_DEG
#define BMI160_CS_PIN          PA4
#define BMI160_SPI_BUS         BUS_SPI1
```

В данном листинге идет инициализация 1-го по счету устройства, подключенного к шине SPI – акселерометра и гироскопа BMI-160. Идет объявление того, что будет использован интерфейс SPI, какие пины отвечают за сигналы. После инициализации шины идет объявление устройства, как он размещен на плате, какой пин отвечает за сигнал выбора платы.

Для INAV также имеется конфигуратор, с помощью которого производится дальнейшая настройка системы, в том числе автопилота. Автопилот настраивается во вкладке «Modes», где имеются следующие режимы: удержание курса, возврат домой, смена миссии, движение по точкам, а также планировщик точек маршрута. Для данного катера

были выбраны возврат домой, движение по точкам и их планировщик. Стоит обратить внимание, что в данной вкладке необходимо настроить режим сцепки с моторами – ARM-режим – без него не будет производиться их запуск.

Режим ARM выставлен на двухпозиционный тумблер, находящийся рядом с левым стиком, который отвечает за тягу и рысканье: данное назначение выбрано с целью удобства. Возврат домой и движение по точкам выставлены на один трехпозиционный тумблер. В случае если тумблер в верхнем положении – производится ручное управление, в среднем – движение по точкам, в нижнем – возврат домой. Планировщик маршрута, дабы его ни с кем не спутать, выставлен на отдельный двухпозиционный тумблер. Вышеописанная расстановка представлена на рисунке 3.

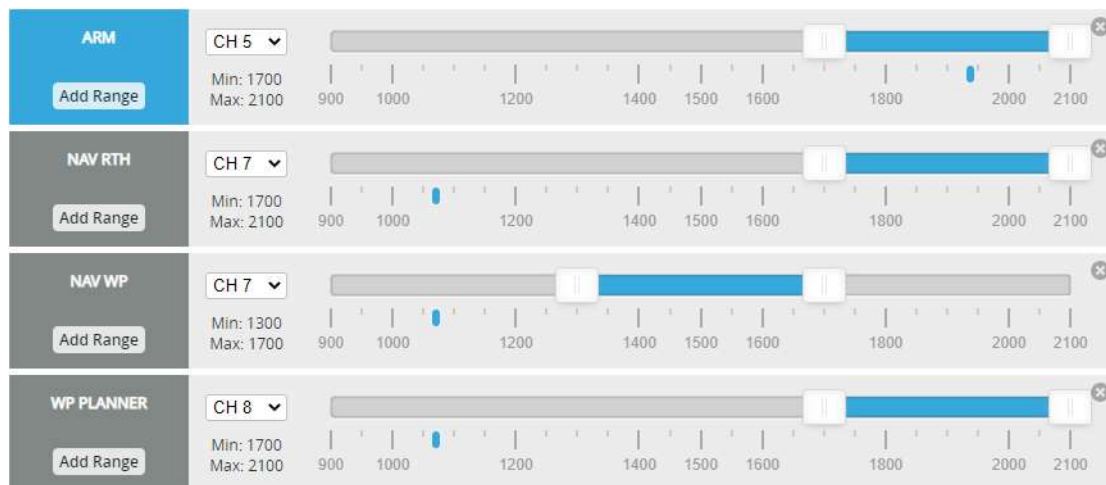


Рисунок 3 – Настройка режимов автопилота

В данной работе была спроектирована бюджетная система управления с автопилотом для малогабаритного катера с возможностью ее последующего расширения и модернизации. В качестве программной платформы был применен инструментальный INAV, адаптированный под особенности аппаратной конфигурации. Был собран макетный образец системы управления, проведены его испытания. Испытания подтвердили работоспособность системы. Макет представлен на рисунке 4.

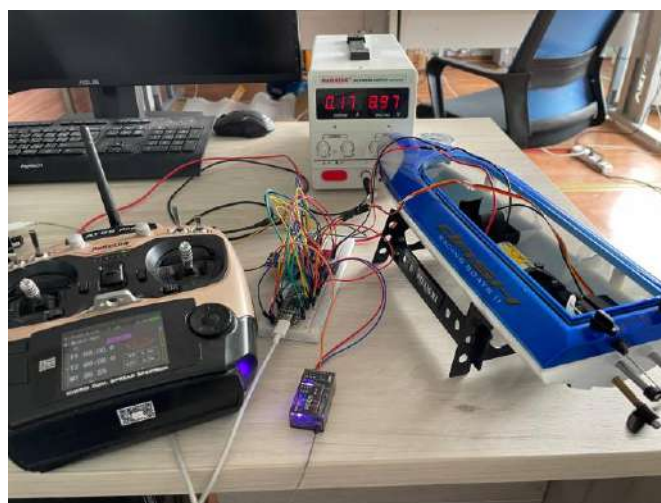


Рисунок 4 – Макетный образец системы управления

В заключение стоит отметить, что использование модульного подхода при проектировании автономной системы управления катером позволяет значительно сократить затраты на реализацию, а также увеличить ее модернизационные возможности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Круглеевский В.Н. Особенности развития, задачи и состав комплекса «Безэкипажный роботизированный катер» / В.Н. Круглеевский, В.И. Денисов. Текст: электронный // Судостроение. – 2013. № 5. – С. 23-25.

2. Бобылев Ф.А. Пример создания полетного контроллера беспилотного летального аппарата на базе микроконтроллера STM32 / Ф.А. Бобылев, М.К. Маркелов. Текст: электронный // Вестник Пензенского государственного университета. – 2023. № 3. С. – 72-81.

3. Никифоров С.М. Особенности разработки аппаратной части полетного контроллера БПЛА / С.М. Никифоров, В.В. Вертегел, В.В. Савинов, И.А. Симонов. Текст: электронный // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. – 2019. № 2. – С. 53.

Гирько Сергей Эдуардович

Белгородский государственный технологический университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

E-mail: sergey_girko@mail.ru

УДК 62-526

Научный руководитель:
Шеметова Ольга Михайловна,
ассистент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

И.А. ГОРОДОВ
I.A. GORODOV

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГОРЕЛОК MICROCONTROLLER CONTROL SYSTEM FOR BURNERS

Статья посвящена разработке и внедрению автоматизированной системы управления горелкой на отработанном масле, направленной на повышение энергоэффективности, безопасности и минимизацию человеческого вмешательства. Рассмотрены ключевые аспекты модернизации горелки: замена механического управления на электрическое с использованием микроконтроллера Arduino, интеграция датчиков контроля температуры и пламени, а также создание интуитивно понятного интерфейса с ЖК-экраном и световой индикацией. Особое внимание уделено проектированию монтажных кронштейнов для компонентов системы, включая крепления микроконтроллера и экрана, с последующей печатью на 3D-принтере из пластика PETG. Описаны этапы сборки прототипа: размещение клеммных колодок, лицевой панели с элементами управления и индикации, а также алгоритмы работы системы, такие как автономный розжиг, контроль нагрева масла и аварийное отключение при неисправностях.

Ключевые слова: горелка напорная, микроконтроллерная система, Arduino, прототип горелки.

The article is devoted to the development and implementation of an automated waste oil burner control system aimed at improving energy efficiency, safety and minimizing human intervention. The key aspects of the burner modernization are considered: replacing mechanical control with electric control using an Arduino microcontroller, integrating temperature and flame control sensors, and creating an intuitive interface with an LCD screen and light indication. Particular attention is paid to the design of mounting brackets for system components, including microcontroller and screen mounts, with subsequent printing on a 3D printer from PETG plastic. The stages of prototype assembly are described: placement of terminal blocks, a front panel with controls and indication elements, as well as system operation algorithms, such as autonomous ignition, oil heating control and emergency shutdown in case of malfunctions.

Keywords: pressure burner, microcontroller system, Arduino, burner prototype.

Современные тенденции в развитии автоматики направлены на упрощение рутинных операций, повышение эффективности и безопасности процессов, освобождая людей от повторяющихся задач. Внедрение автоматизированных систем позволяет минимизировать человеческий фактор, снижая риск ошибок и повышая производительность. Эти принципы активно применяются и в горелках на отработанном масле. Автоматизация горелок на отработанном масле позволяет контролировать температуру, подачу масла, давление и качество горения в режиме реального времени, что делает оборудование более энергоэффективным и надежным. Такие горелки оснащены датчиками и системами безопасности, которые регулируют процесс сжигания для минимизации выбросов и экономии топлива. По результатам проведенного анализа, для решения многих задач, связанных с управлением горелкой, предлагается модернизация путем установки электрических систем управления. По сравнению с другими аналогами с механическим управлением, данное решение будет автономным, что позволит минимизировать вмешательство человека в процесс работы [1-3].

Модернизация горелки заключается в внедрении системы управления, которая облегчит рутинные процессы обслуживания горелки, которые связаны с ручным методом

розжига. Контроллер должен обладать несколькими функциональными возможностями такими как, поддержание заданной температуры воздуха, посредством периодического розжига горелки. Также полезным будет отображение параметров температуры в реальном времени, и отображение состояния горелки посредством световых индикаторов и информации на дисплее. Для повышения безопасности контроллер будет отслеживать наличие пламени. При неправильном функционировании горелки будет производится выход в аварийный режим.

Соберем прототип устройства для апробации его работы в реальном времени. Чтобы надежно закрепить отдельные модули внутри монтажного щита смоделируем кронштейны. При помощи программы Autodesk Fusion360. Для микроконтроллера смоделирован монтажный адаптер, который позволяет зафиксировать Arduino с помощью двух винтов М3 (рисунок 1, а). Крепление экрана к дверце распределительного шкафа также реализовано с помощью специального кронштейна, и двух винтов М3 (рисунок 1, б).

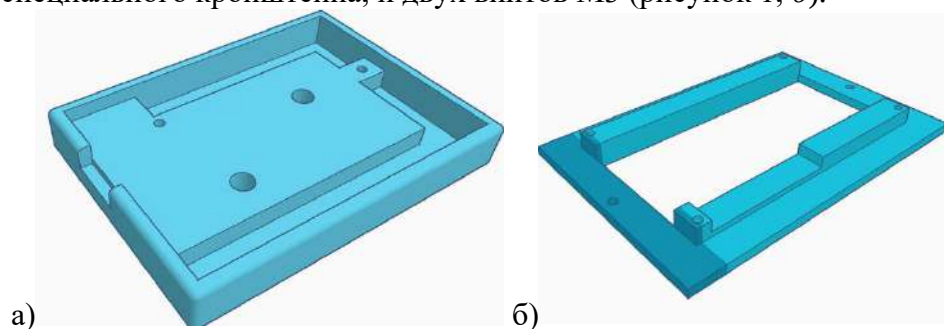


Рисунок 1 – Корпус распределительного щита:
а – кронштейн Arduino Mega Pro; б – Кронштейн ЖК экрана

Смоделированные кронштейны были изготовлены из пластика PETG с помощью 3D принтера, что значительно упростило монтаж компонентов внутри распределительного щита. Также на монтажной пластине (рисунок 2) расположили клеммные колодки для внешних устройств.

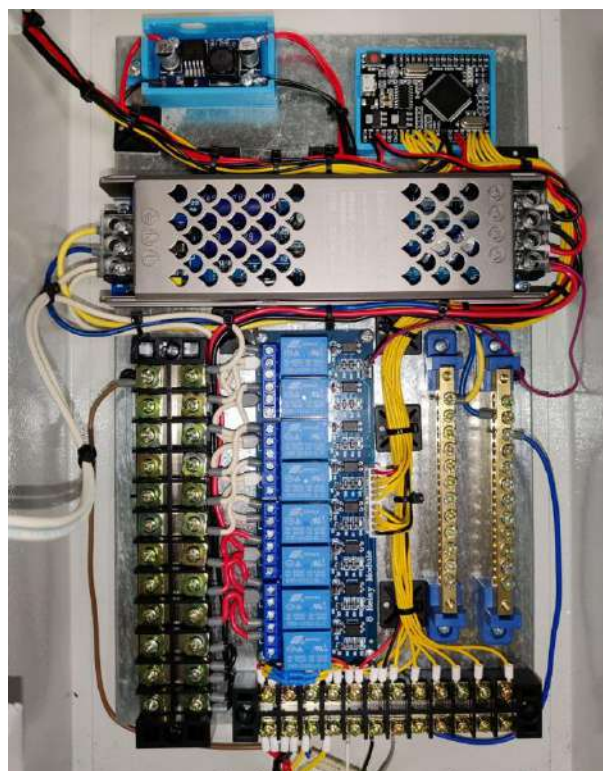


Рисунок 2 – Монтажная пластина

На лицевую панель (рисунок 3) установлены индикаторы текущего состояния работы, экран для отображения показателей датчиков, и установленной температуры, кнопки и переключатель питания.

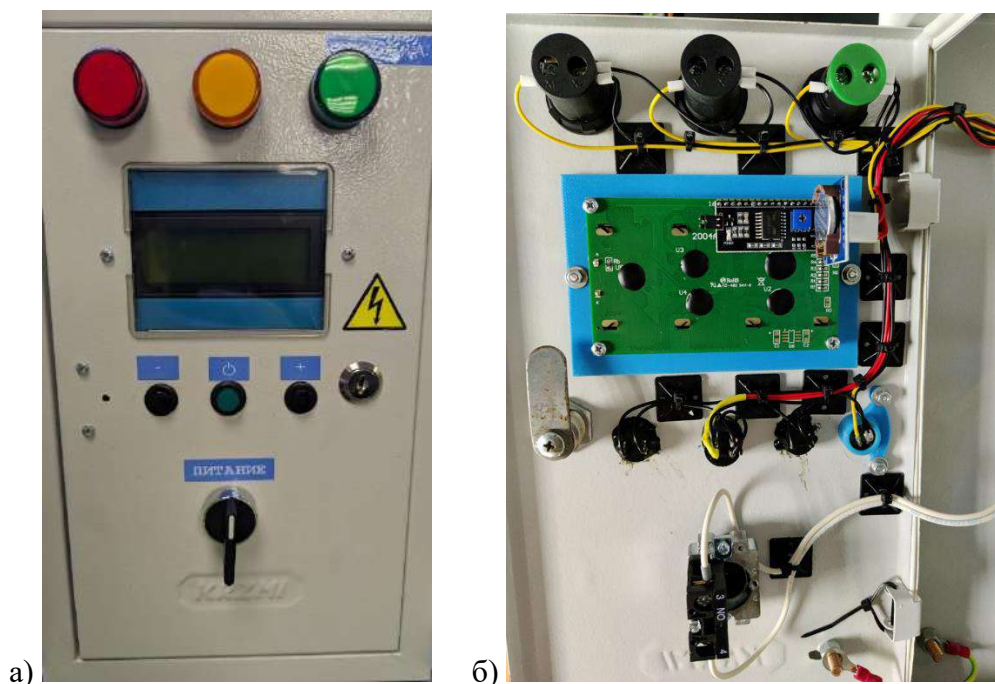


Рисунок 3 – Лицевая панель: *а* – лицевая панель устройства;
б – обратная сторона лицевой панели устройства

Управление контроллером получилось простое и интуитивно понятное. Система автономная, после включения все алгоритмы выполняются самостоятельно. Снизу в центре расположен переключатель питания, который полностью обесточивает контроллер. Выше переключателя расположено три кнопки (рисунок 3, *а*), центральная отвечает за включение системы регулировки температуры, после нажатия на неё запускается основной цикл работы. Слева и справа от него расположены кнопки регулировки установленной температуры в помещении, шаг регулировки ± 0.5 градусов. На обратной стороне лицевой панели (рисунок 3, *б*) можно наблюдать подключение каждого компонента, наглядно видно, как реализовано крепление экрана с помощью специального кронштейна. На экране отображаются данные о температурах, дата и время, наличие пламени (рисунок 4).



Рисунок 4 – Данные на экране устройства

Для демонстрации работы устройства без горелки напорного типа, был собран прототип устройства (рисунок 5), на котором с помощью светодиодной индикации отображаются выходы основных исполнительных устройств: тэн нагрева масла, клапан подачи сжатого воздуха, трансформатор высоковольтного поджига.

При запуске цикла работы, происходит проверка соответствия установленной температуры, реальной температуре в помещении. Если необходим нагрев, запускается цикл работы, происходит нагрев масла до заданной температуры, процесс контролируется при помощи датчика (рисунок 5, а), который будет закреплен в баке нагрева масла.

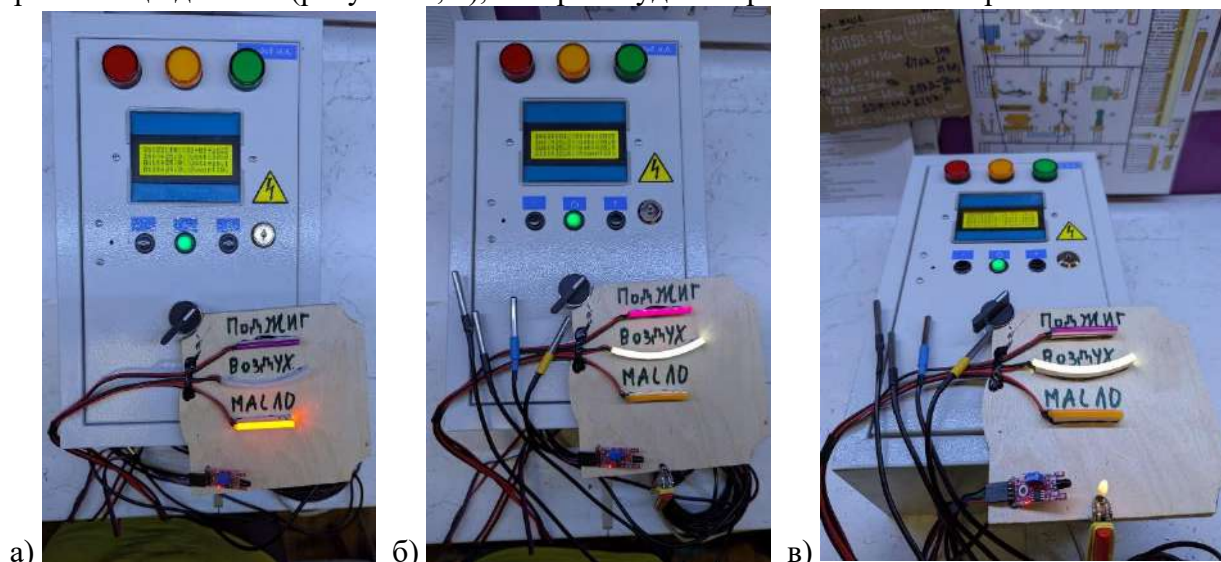


Рисунок 5 – Прототип устройства: а – нагрев масла; б – поджиг горелки; в – поддержание режима

После того как масло достигнет установленного значения, происходит открытие клапана подачи сжатого воздуха, и активация высоковольтного трансформатора, для поджига факела (рисунок 5, б). Когда датчик пламени фиксирует успешный поджиг, высоковольтный трансформатор отключается, поддержание пламени осуществляется за счет поддержания нагрева масла и превращение его в аэрозоль подачей сжатого воздуха (рисунок 5, в).

Подводя итог, можно сказать, что в процессе сборки системы управления горелкой на отработанном масле в электрическом щитке была проведена тщательная подготовка и соединение всех необходимых компонентов, что позволило создать полностью функционирующее устройство. Важнейшим аспектом стал выбор и подключение каждого элемента, начиная от проводки и заканчивая элементами управления, чтобы обеспечить стабильную и безопасную работу всей системы. На основании проведенной работы можно сделать вывод, что собранная система управления горелкой на отработанном масле будет надежно работать при соблюдении всех правил эксплуатации и технического обслуживания. Система собрана с учетом всех требований безопасности, а правильное подключение всех компонентов обеспечивает стабильную работу устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горелки напорные. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oilburner.ru/catalog/Gorelki-napornye>. – Дата доступа 20.04.2025.
2. Универсальные горелки на отработанном масле Kroll. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://celsispb.ru/netcat/files/multifile/2588/gorelkikroll>. 20.04.2025.
3. Горелка на отработанном масле EcoBoil. – Дата доступа <https://5energy.ru/gorelki/ecoboil-300> – Режим доступа: 20.04.2025.

Городов Иван Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1519310@bsuedu.ru

УДК 004.8

*Научный руководитель:
Иващук Ольга Александровна,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

В.А. ДУНАЕВА, А.В. КЛЮЧКИН
V.A. DUNAEVA, A.V. KLYUCHKIN

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭПИЛЕПСИИ

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCIENTIFIC RESEARCH FOR ANALYSIS OF ELECTROENCEPHALOGRAPHY DATA AND PREDICTION OF EPILEPSY

В данной статье рассматриваются современные подходы к диагностике эпилепсии с использованием технологий искусственного интеллекта. Также обсуждаются проблемы и перспективы применения искусственного интеллекта в данной области.

Ключевые слова: эпилепсия, прогнозирование, искусственный интеллект, электроэнцефалография.

This article discusses modern approaches to diagnosing epilepsy using artificial intelligence technologies. The problems and prospects for the use of artificial intelligence in this area are also discussed.

Key words: epilepsy, forecasting, artificial intelligence, electroencephalography.

В современной клинической медицине искусственный интеллект (ИИ) становится ключевым инструментом для решения задач, связанных с анализом сложных биомедицинских данных. Одной из областей, где применение ИИ демонстрирует значительный прогресс, является обработка электроэнцефалографии (ЭЭГ) и прогнозирование эпилептических приступов. Эпилепсия, характеризующаяся повторяющимися спонтанными приступами, остается одним из наиболее распространенных неврологических заболеваний, затрагивающих около 50 миллионов человек по всему миру согласно данным ВОЗ [1].

Традиционные методы диагностики и мониторинга эпилепсии основаны на визуальном анализе ЭЭГ-сигналов медицинскими специалистами, что напрямую сопряжено с высокой временной нагрузкой и ограниченной способностью выявлять скрытые паттерны, которые предшествуют эпилептическим приступам [2]. Современные алгоритмы машинного обучения, такие как сверточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), демонстрируют высокую эффективность в автоматизации обработки ЭЭГ-данных [3]. Например, предобработка сигналов, включая удаление шумов с помощью вейвлет-преобразования или независимого компонентного анализа (ICA), может быть оптимизирована за счет глубокого обучения, что позволяет выделять паттерны даже при низком соотношении сигнал/шум.

Так, исследование Стэнфордского университета (рис. 1) показало, что CNN с двумя сверточными слоями и алгоритмом случайного леса для отбора признаков достигает точности 99,2% в распознавании эпилептических спайков и острых волн, что на 1% выше, чем без фильтрации избыточных признаков [4].

Прогнозирование эпилептических приступов представляет более сложную задачу, требующую анализа временных зависимостей в длительных записях ЭЭГ. Здесь на первый план выходят архитектуры, ориентированные на работу с временными рядами, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN) и сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM).

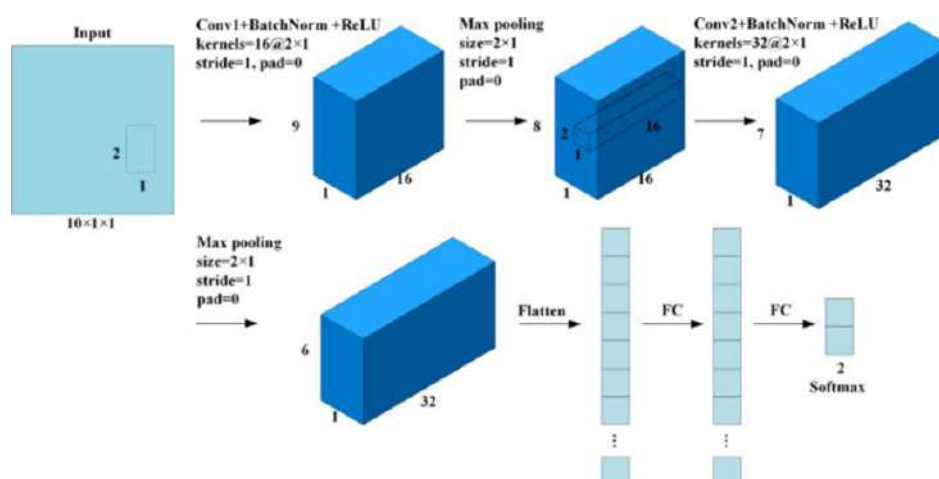


Рисунок 1 – Схема архитектуры CNN Стэнфордского университета

Примером служит разработка Университета Вандербилта, где RNN-модель анализирует многодневные записи, выявляя скрытые паттерны, предшествующие приступам. Подобные системы интегрируются с носимой электроникой, например, браслетом Embrace (рис.2) от компании Empatica, который отслеживает физиологические параметры и в реальном времени предупреждает пользователя о риске приступа.



Рисунок 2 – Смарт-часы серии Embrace

Несмотря на перспективность таких устройств, их доступность ограничена: Embrace распространяется только в США по специальным разрешениям, что подчеркивает необходимость развития аналогичных технологий в других регионах, включая Россию.

Современные научные исследования не ограничиваются анализом ЭЭГ. Перспективным направлением является создание персонализированных прогностических моделей. Например, команда Балтийского федерального университета разработала двухэтапный метод на основе CNN (рис.3), где на втором этапе корректируются ошибки первичного прогноза, что позволило снизить долю ложноположительных результатов на 15%. Данный подход демонстрирует, как комбинация методов ИИ может повысить надежность диагностики [5].

Аналогичные работы ведутся в лаборатории биотехнических систем НИУ «БелГУ», где разрабатывается нейросетевая система анализа данных ЭЭГ для диагностики эпилепсии. Работа над исследованием представлена на рисунке 4. Целью научной работы является повышение эффективности анализа ЭЭГ сигналов для обнаружения эпилептической активности головного мозга и дальнейшего прогнозирования за счет разработки нейросетевой системы анализа данных ЭЭГ для диагностики эпилепсии.

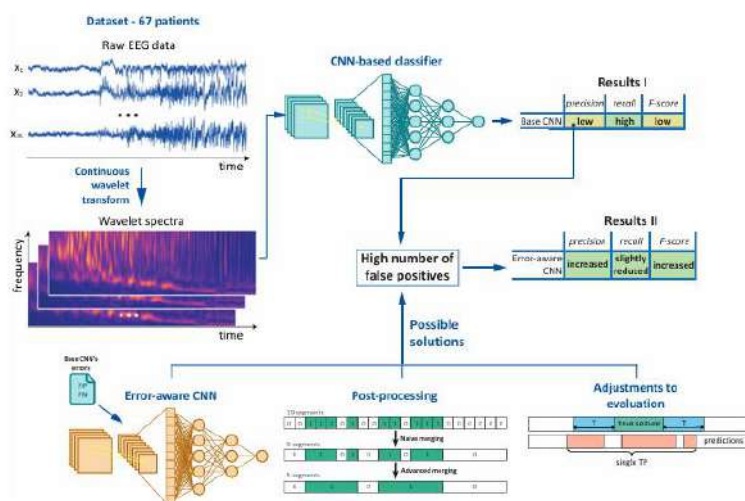


Рисунок 3 – Общий ход исследования БФУ

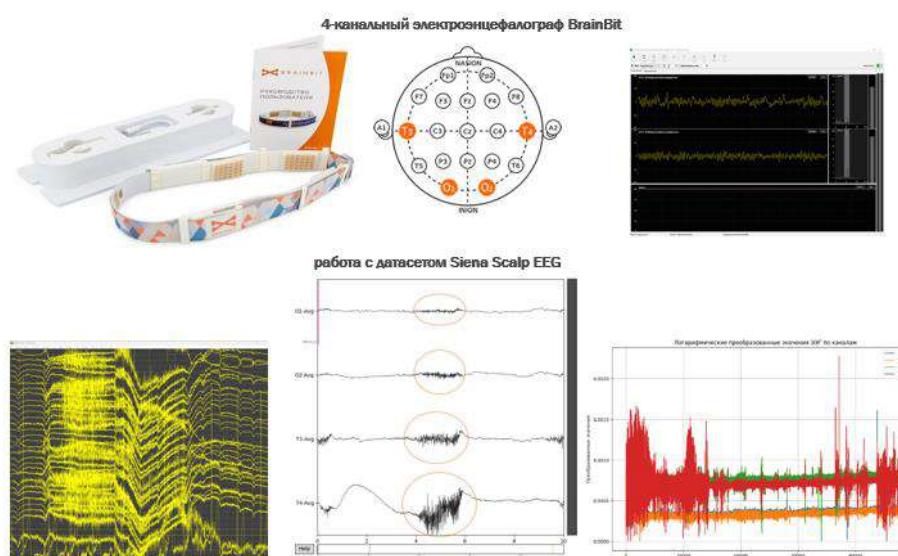


Рисунок 4 – Исследование НИУ «БелГУ»

Однако внедрение ИИ в клиническую практику сталкивается с рядом вызовов. Во-первых, обучение моделей требует больших объемов размеченных данных (таблица 1), которые редко доступны в необходимом качестве. В открытом доступе сегодня находятся лишь четыре аннотированных набора данных ЭЭГ, содержащих более 100 часов записей.

Таблица 1 – Наборы данных ЭЭГ пациентов с эпилепсией

Название датасета	Количество субъектов	Продолжительность (ч)	Количество приступов
CHB-MIT	22	982	198
Siena Scalp EEG	14	128	47
TUH EEG Sz Corpus	675	1476	4029
SeizeIT1	42	4211	182

Второй проблемой являются этические и правовые аспекты, так как применение ИИ в медицинской практике поднимает главный вопрос – конфиденциальность данных пациентов. Кроме того, возникает правовая неопределенность в случаях ошибочных прогнозов: ответственность за ложноположительные или ложноотрицательные результаты может ложиться как на разработчиков алгоритмов, так и на врачей, использующих эти системы.

Третья проблема – интеграция ИИ в клиническую практику. Внедрение алгоритмов требует пересмотра существующих диагностических протоколов, что часто встречает сопротивление со стороны медицинского сообщества. Врачи, привыкшие полагаться на визуальный анализ ЭЭГ и клинический опыт, могут скептически относиться к «черному ящику» нейросетей, особенно если решения системы не сопровождаются интерпретируемыми объяснениями.

Четвертый вызов связан с реализацией моделей в реальном времени. Многие современные архитектуры, такие как глубокие нейронные сети, требуют значительных вычислительных ресурсов, что затрудняет их использование в портативных устройствах или системах непрерывного мониторинга. Например, носимые гаджеты, подобные браслету Embrace, сталкиваются с ограничениями по энергопотреблению и памяти, вынуждая разработчиков упрощать модели, что может снижать их точность.

В долгосрочной перспективе сочетание ИИ с нейроинтерфейсами и методами стимуляции мозга может привести к созданию замкнутых систем, способных не только предсказывать, но и предотвращать приступы за счет точечного воздействия на очаги эпилептической активности. Таким образом, хотя текущие вызовы значительны, их решение заложит основу для прорывных изменений в понимании и лечении неврологических расстройств, где искусственный интеллект станет не заменой, а незаменимым помощником врача. Будущие исследования должны быть сосредоточены на создании стандартизированных баз данных, улучшении адаптивности алгоритмов и проведении масштабных клинических испытаний, подтверждающих их эффективность в реальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения. Эпилепсия – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy> (дата обр. 13.09.2024).
2. Smith, S.J. EEG in the Diagnosis, Classification and Management of Patients with Epilepsy / S.J. Smith // Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry. – 2018.
3. Chen Z. A unified framework and method for eeg-based early epileptic seizure detection and epilepsy diagnosis / Z. Chen, [и др.]// IEEE Access 8, 20080–20092. – 2020.
4. Chen W. An automated detection of epileptic seizures EEG using CNN classifier based on feature fusion with high accuracy / W. Chen, Y. Wang, [и др.]// BMC Med Inform Decis Mak, 2023; 23: 96. – URL: <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02180-w>
5. Grubov V. Nazarikov S. Error-aware CNN improves automatic epileptic seizure detection // Eur.Phys.J.Spec. Top. – 2024. – URL: <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-024-01292-2>

Дунаева Виктория Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: dunaeva@bsuedu.ru

Ключкин Алексей Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: klyuchkin@bsuedu.ru

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Иващук Олег Орестович,
ассоциированный профессор
кафедры компьютерных наук,
Каспийского университета технологий
и инжиниринга имени Ш. Есенова (Актау, Казахстан)*

Д. А. ЗАЙЦЕВ
D.A. ZAITSEV

**РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СОСТОЯНИЯ ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**
**DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR HUMAN LUNG
CONDITION DETECTION USING MACHINE VISION
AND DEEP LEARNING**

В данной статье авторы освещают проблему: Применение нейронных сетей для прогнозирования развития болезней с целью улучшения точности и скорости диагностики.

Ключевые слова: нейронные сети, машинное обучение, прогнозирование болезней, скорость диагностики, искусственный интеллект, медицина.

In given article authors shine a problem: Application of neural networks for disease prediction to improve diagnostic accuracy and speed.

Keywords: neural networks, machine learning, disease prediction, diagnostic speed, artificial intelligence, medicine.

На современном этапе развития медицины и информационных технологий вопрос быстрой и точной диагностики заболеваний легких приобретает особое значение. Традиционные методы, такие как рентгенография, остаются одними из наиболее доступных и используемых в повседневной практике, однако их интерпретация требует высокого уровня профессионализма, что порой осложняется человеческим фактором, усталостью и субъективным восприятием. Именно поэтому актуальность разработки автоматизированных систем диагностики основана не только на необходимости повышения качества первичной диагностики, но и на стремлении обеспечить доступность высококвалифицированной помощи в условиях дефицита специалистов.

В данной работе рассматривается создание веб-приложения, которое, используя возможности глубоких нейронных сетей и методы визуализации, такие как Grad-CAM, способно выполнять автоматический анализ рентгеновских снимков грудной клетки. Система разработана с целью не только классификации изображений (определения нормального состояния или наличия патологических изменений), но и предоставления объяснимых результатов с визуализацией областей, наиболее значимых для принятия решения моделью. Такой подход решает две ключевые задачи современного здравоохранения: снижение вероятности ошибок при постановке диагноза и повышение доверия специалистов к решениям, принимаемым на основе искусственного интеллекта.

Основной мотивацией данного исследования является необходимость восполнить пробел в доступности квалифицированной диагностики в регионах с ограниченными ресурсами и создать удобный инструмент, позволяющий врачам получать дополнительное «второе мнение» при анализе рентгеновских изображений. Применение современных технологий глубокого обучения, таких как сверточные нейронные сети (CNN) и

архитектуры типа ResNet, в сочетании с визуализацией результатов с помощью Grad-CAM позволяет не только автоматизировать процесс диагностики, но и сделать его прозрачным, что особенно важно в медицинских приложениях.

Переходя от теоретической базы к реализации, необходимо отметить, что система реализована по принципу классической клиент-серверной архитектуры, что обеспечивает гибкость и масштабируемость решения. В данном контексте веб-приложение представляет собой интегрированный комплекс, где каждый модуль выполняет свою задачу: от предварительной обработки изображений на стороне сервера до генерации подробных отчетов с текстовыми пояснениями и тепловыми картами, отражающими критические зоны на снимке.

Исходя из всего выше сказанного, можно сделать вывод, что применение нейронных сетей в прогнозировании развития болезней на основе медицинских изображений представляет собой перспективное и важное направление в современной медицине. Результаты исследования указывают на высокий потенциал нейронных сетей для улучшения точности диагностики и предсказания развития заболеваний, особенно на ранних стадиях. Создание автоматизированных систем, основанных на нейронных сетях, может значительно ускорить процесс анализа медицинских изображений и сделать его более доступным и эффективным. Такие системы могут быть важным инструментом для врачей, помогая им принимать обоснованные решения в реальном времени и улучшать результаты лечения пациентов.

В основе разработанного решения лежит модульная архитектура, объединяющая следующие ключевые компоненты:

1) *Frontend (клиентская часть)*. Реализован на HTML, CSS и JavaScript, данный модуль обеспечивает интуитивно понятный интерфейс для пользователей. Главная страница содержит форму для загрузки рентгеновских изображений, а также страницу с анализом обработанных снимков и описанием результатов анализа.

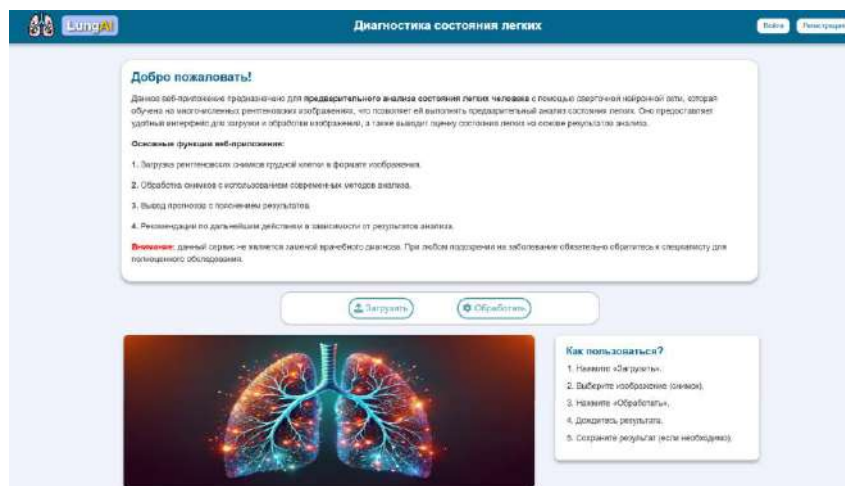


Рисунок 1 – Главная страница веб-приложения для загрузки снимка

2) *Backend (серверная часть)*. Основная серверная логика реализована с использованием Python и фреймворка Flask. Этот модуль отвечает за получение изображений, их предварительную обработку, маршрутизацию запросов и взаимодействие с базой данных. Именно на стороне сервера происходит интеграция нейросетевого модуля, обученного на рентгеновских снимках, для выполнения классификации и генерации тепловых карт.

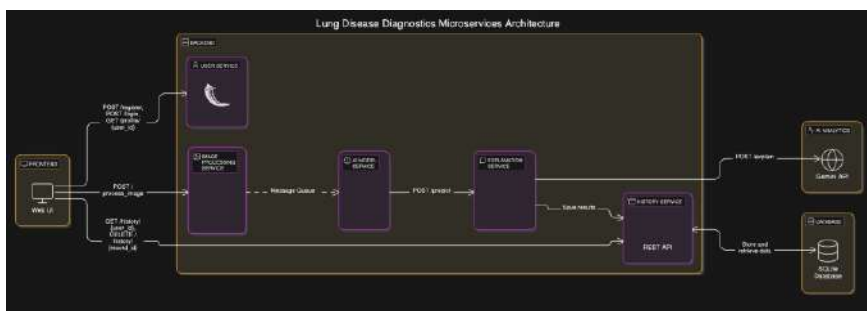


Рисунок 2 – Архитектура Backend

3) *AI-модуль (нейросетевая система)*. В качестве основного алгоритма для анализа изображений используется сверточная нейронная сеть, в основе которой лежит архитектура ResNet. Благодаря принципу transfer learning модель дообучалась на специализированном наборе рентгеновских снимков грудной клетки. Важной особенностью системы является встроенная функция интерпретации выводов модели: методы Grad-CAM, Grad-CAM++ и Guided Grad-CAM позволяют формировать тепловые карты, визуально выделяя области, оказавшие наибольшее влияние на принятие решения.

Обнаруженная проблемная область

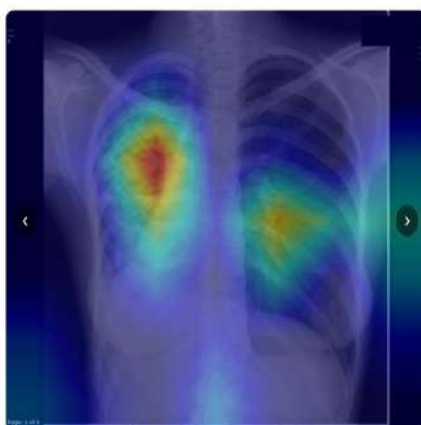


Рисунок 3 – Тепловая карта, полученная методом Grad-CAM

Качество входных данных является фундаментальным аспектом, от которого напрямую зависит точность работы нейросетевой модели. Если исходные снимки содержат шум или иные артефакты, модель может неверно интерпретировать изображение, что приводит к ошибкам классификации и снижению эффективности диагностики. Именно поэтому процесс предварительной обработки изображений играет ключевую роль в построении корректной и надежной системы анализа медицинских изображений.

Одной из важнейших операций является удаление шумов. В процессе сканирования или передачи изображений могут появляться случайные артефакты и помехи, которые существенно ухудшают качество исходных данных. Применение методов фильтрации, таких как Gaussian Blur, помогает эффективно сгладить резкие изменения интенсивности, устранить мелкие шумы и минимизировать влияние случайных дефектов.

Нормализация и коррекция яркости также играют критически важную роль в подготовке данных. Различное освещение, несоответствие экспозиции и прочие внешние факторы могут приводить к тому, что снимки обладают различными характеристиками по яркости и контрастности. Приведение изображений к стандартному виду посредством нормализации позволяет свести к минимуму влияние этих факторов.



Рисунок 4 – Предварительная обработка снимка

После завершения этапа предварительной обработки изображения направляются в модуль инференса, где происходит их дальнейшая обработка и классификация с использованием обученной нейросети. Модель анализирует входные данные и определяет, присутствуют ли патологические изменения на снимке. Например, она способна выявить признаки пневмонии, туберкулёза или злокачественных образований, а также подтвердить, что изображение соответствует нормальному состоянию. Автоматизированный анализ позволяет значительно ускорить диагностику, снизить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, и повысить общую эффективность процесса выявления патологий.

Особое внимание в системе уделено объяснимости результатов работы модели. Для этого реализован метод визуализации с помощью Grad-CAM, который позволяет наглядно отобразить, какие конкретные области изображения оказали наибольшее влияние на принятие решения нейросетью. С помощью этого метода формируется тепловая карта, где яркие зоны указывают на участки, наиболее важные для классификации. Данный визуальный инструмент помогает врачу понять логику работы модели, убедиться в корректности выбранных признаков и, при необходимости, провести дополнительную оценку снимка.

Помимо визуализации, система автоматически генерирует подробный отчет после анализа снимка. Отчет включает вероятностные оценки по различным классам заболеваний, что позволяет оценить степень уверенности модели в конкретном прогнозе. В дополнение к числовым показателям, в отчете представлена наглядная тепловая карта, а также текстовое описание с рекомендациями по дальнейшим диагностическим мероприятиям. Такой комплексный подход обеспечивает прозрачность результатов и способствует принятию обоснованных клинических решений.

Для проверки работоспособности и надёжности системы было проведено всестороннее тестирование на большом наборе рентгеновских снимков, что позволило оценить эффективность работы нейросети в условиях, максимально приближенных к реальной практике. В этом тестировании использовались стандартные метрики качества – Accuracy, Precision, Recall и F1-score, что дало возможность провести объективный анализ эффективности классификации изображений.

Полученные результаты показывают оперативность системы. Обработка одного снимка занимает менее 30 секунд. Такая скорость обработки позволяет применять систему в режиме реального времени, что особенно важно для клинической диагностики, когда своевременность получения результатов может иметь решающее значение для пациента.

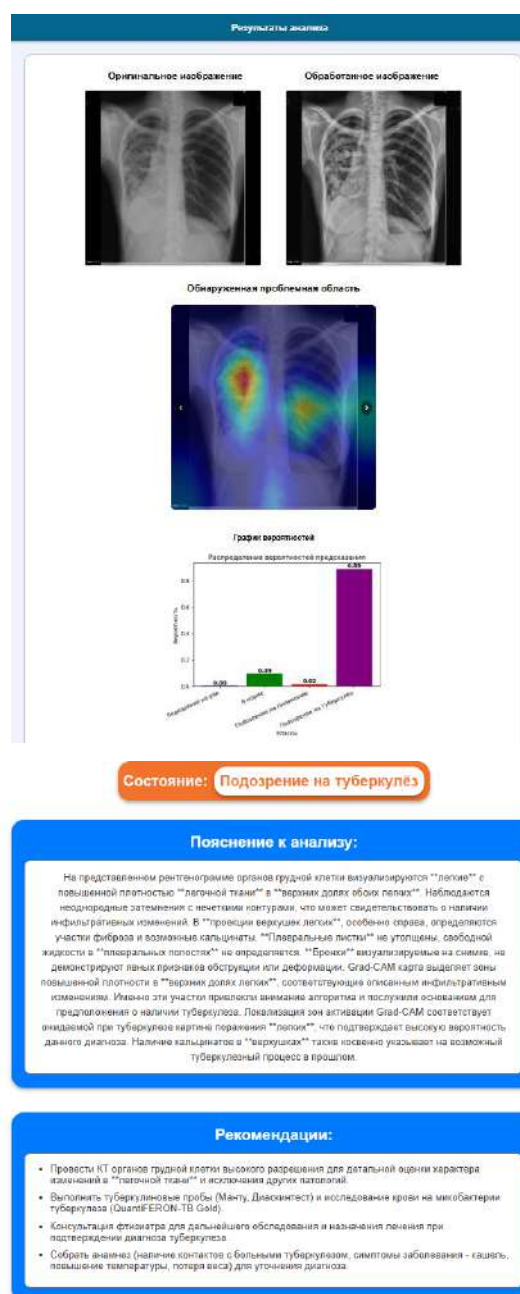


Рисунок 5 – Страница с результатами анализа и сгенерированным отчетом

Точность классификации, достигшая 95–97%, подтверждает практическую применимость модели в условиях медицинской диагностики. Высокий процент правильных прогнозов обеспечивает надёжное выявление патологических изменений, снижая риск пропуска важных клинических симптомов и ошибок, связанных с человеческим фактором.

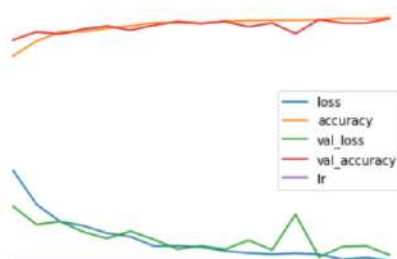


Рисунок 6 – Тестирование системы

Разработка веб-приложения демонстрирует интеграцию современных технологий глубокого обучения и компьютерного зрения с удобными веб-интерфейсами, что позволяет существенно повысить качество и скорость диагностики рентгеновских снимков легких. Система не только автоматизирует процесс классификации изображений, но и предоставляет объяснимые результаты посредством визуализации с использованием метода Grad-CAM, что является важным условием для клинического применения.

Тестирование показало высокую точность работы модели (95–97%) и быстрый отклик системы (менее 30 секунд на обработку снимка), что подчёркивает её практическую применимость. Возможность сохранения истории исследований, генерация подробных отчетов и адаптивная архитектура клиента-сервера делают разработку перспективной для внедрения в условия реальной медицинской практики, особенно в регионах с ограниченными ресурсами.

Представленное решение является значительным вкладом в автоматизацию медицинской диагностики, способным облегчить работу врачей и повысить качество оказания медицинской помощи. Дальнейшее развитие проекта может включать увеличение обучающих выборок, доработку этапа предварительной обработки и интеграцию дополнительных модулей для повышения функциональности системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). "Deep Residual Learning for Image Recognition." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 770–778.
2. Grinberg, M. (2018). Flask Web Development: Developing Web Applications with Python. O'Reilly Media.
3. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). "Long Short-Term Memory." Neural Computation, 9(8), 1735–1780.
4. Chollet, F. (2017). Deep Learning with Python. Manning Publications.
5. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). "Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level Performance on ImageNet Classification." Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 1026–1034.
6. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks." Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 1097–1105.

Зайцев Данила Артёмович

Каспийский университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан)

Студент кафедры Науки и Технологий

E-mail: danila88374@gmail.com

УДК 004.657

Научный руководитель:
Игрунова Светлана Васильевна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

М.С. ТАРАРЫЕВ, В.А. ДУНАЕВА
M.S. TARARYEV, V.A. DUNAEVA

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ «.NET»
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СРЕДЕ MICROSOFT WINDOWS:
ТЕХНОЛОГИЯ И АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ,
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС**

**USING THE CAPABILITIES OF THE .NET TECHNOLOGY
IN THE DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM SOFTWARE
APPLICATION IN THE MICROSOFT WINDOWS ENVIRONMENT:
TECHNOLOGY AND ALGORITHM OF SOFTWARE
IMPLEMENTATION, USER INTERFACE**

В статье рассмотрена разработка информационной системы на платформе .NET с использованием C# и Microsoft SQL Server. Рассмотрены методы обеспечения целостности данных, интерфейсы для добавления, редактирования и фильтрации записей, а также генерации отчетов. Особое внимание уделено оптимизации работы с данными через выпадающие списки (ComboBox) и классы SimpleComboBoxObject, SortFilterRowObject. Показаны преимущества собственной разработки перед типовыми решениями (1C) при больших объемах данных.

Ключевые слова: информационная система, .NET, C#, SQL Server, интерфейс, целостность данных, фильтрация, оптимизация.

The article discusses the development of an information system on the .NET platform using C# and Microsoft SQL Server. It considers methods for ensuring data integrity, interfaces for adding, editing and filtering records, and generating reports. Particular attention is paid to optimizing work with data through drop-down lists (ComboBox) and the SimpleComboBoxObject, SortFilterRowObject classes. The advantages of our own development over standard solutions (1C) for large volumes of data are shown.

Keywords: information system, .NET, C#, SQL Server, interface, data integrity, filtering, optimization.

Практические трудности, возникающие в работе специалистов современных коммерческих компаний с большим объемом различной информации в таких популярных программных продуктах как 1с, целесообразно нивелировать путем использования возможностей нативных технологий «.NET» при разработке программного приложения информационной системы в среде Microsoft Windows.

Целесообразность разработки обусловлена также тем фактом, что применение в 1с декларативного подхода к программированию и высокий уровень программной абстракции оказывают непосредственное влияние на сложность и скорость разработки информационной системы ценой дополнительного потребления ресурсов компьютерной техники и серверов, что очевидно негативного влияния на малые и средние субъекты хозяйствования не оказывает [1]. Однако, при значительном увеличении объемов информации (расширении ассортимента, численности дебиторов и кредиторов, объединения в холдинги или в условиях массового открытия филиалов и сетей, в рамках кратного роста объемов документооборота), обычно имеющем место в организациях крупного бизнеса, становится целесообразно разработка собственной информационной системы, эффективно потребляющей ресурсы техники, которая использует в подавляющем

большинстве операционные системы семейства Windows. Немаловажным является и высокая стоимость приобретения лицензии на использование продуктов 1с при увеличении числа активных пользователей. Такие затраты несопоставимы с расходами на внутреннюю разработку аналогичной по функционалу, но не менее востребованной и эффективной информационной системой.

Разработка программного приложения информационной системы в среде Microsoft Windows подразумевает использование технологии программной реализации доступа к информации в базе данных. Так как в качестве СУБД была выбрана СУБД Microsoft SQL Server (ввиду ее распространенности в среде ОС семейства Windows), наиболее целесообразно использовать язык программирования C# и интегрированную среду разработки Visual Studio, так как они содержат внутри себя набор инструментов для взаимодействия с данной СУБД [2].

На первом этапе разработки программного приложения информационной системы необходимо связать приложение вместе с БД для начала следует добавить в проект приложения экземпляр класса DataSet (набор данных), именно он обеспечивает прослойку между БД и непосредственно самим приложением.

Создать его можно двумя способами: вручную через расширения функционала класса DataSet, либо при помощи встроенного генератора, второй вариант наиболее предпочтительнее, так как позволяет сэкономить силы и время разработчика. Диалоговое окно генератора представлено на рисунке 1.

Создав набор данных и добавив в него как таблицы, так и представления и процедуры мы получаем схему, схожую с физической моделью БД.

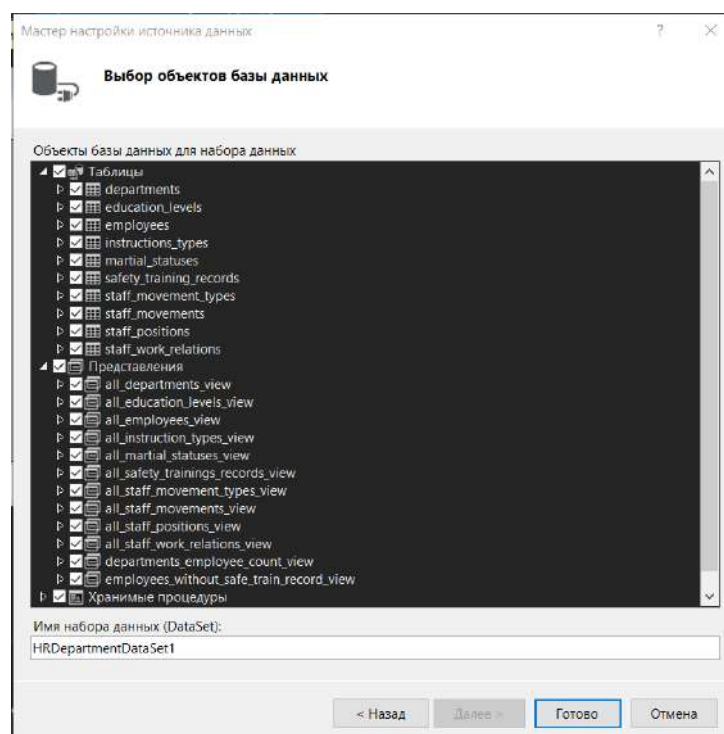


Рисунок 1 – Диалоговое окно генератора набора данных (DataSet)

Для отображения таблиц используется класс-компонент DataGridView, его можно заполнить либо напрямую через DataSet, присвоив его к полю DataSource (источник данных) и одновременно указав название определенной таблицы через поле DataMember (член источника данных), либо через промежуточный компонент DataSource, предварительно заполнив информацию, аналогичную из первого способа, однако данный класс позволяет фильтровать и сортировать данные, что делает его полезным, когда требуется функциональность фильтрации и сортировки.

Однако недостаточно инициализировать экземпляр класса DataSet, его еще необходимо заполнить данными непосредственно из БД. Для этой цели определен метод Fill, который принимает на вход в качестве аргумента класс DataTable (таблицу данных), получить который можно через класс DataTableAdapter реализующий функции обращения к базе данных через метод GetData (получить данные) [3].

Следующим этапом разработки программного приложения информационной системы является проектирование и разработка алгоритмов реализации функции обработки данных, полученных из БД.

В любом проекте также подразумевается использование форм для заполнения и изменения различных данных. Некоторые формы приложения имеют схожие методы заполнения внутренних экземпляров DataSet, которые запускаются вместе с загрузкой формы. Пример такого метода показан на рисунке 2.

```

ссылка: 1
private void ReportGeneratorForm_Load(object sender, EventArgs e)
{
    save_button.Enabled = reportGenerated;
    this.employees_without_safe_train_record_viewTableAdapter.Fill(this.hrDepartmentDataSet.employees_without_safe_train_record_view);
    this.departments_employee_count_viewTableAdapter.Fill(this.hrDepartmentDataSet.departments_employee_count_view);
    this.all_staff_movements_viewTableAdapter.Fill(this.hrDepartmentDataSet.all_staff_movements_view);
    this.all_safety_trainings_records_viewTableAdapter.Fill(this.hrDepartmentDataSet.all_safety_trainings_records_view);
    this.all_employees_viewTableAdapter.Fill(this.hrDepartmentDataSet.all_employees_view);
}

```

Рисунок 2 – Пример заполнения DataSet при загрузке формы

Также при изменении или добавлении данных, которые есть в вспомогательных таблицах очень удобно использовать элемент ComboBox (выпадающий список), он не только удобен в повседневном использовании, но и при его программировании, а также позволяет избежать ошибок внешнего ключа за счет ограниченного списка значений. Для того чтобы заполнить экземпляр класса ComboBox достаточно присвоить полю DataSource любой экземпляр класса List (лист, коллекция) с объектами, имеющими общедоступные поля для записи и чтения. Для облегчения создания таких списков был разработан класс SimpleComboBoxObject, листинг кода которого представлен на рисунке 3. Данный класс состоит из двух полей objName (название объекта) и objValue (значение объекта).

```

1  using System;
2  using System.Collections.Generic;
3  using System.Linq;
4  using System.Text;
5  using System.Threading.Tasks;
6
7  namespace HRDepartmentProject
8  {
9      ссылка: 46
10     class SimpleComboBoxObject
11     {
12         ссылка: 28
13         public String objName { get; set; }
14         ссылка: 28
15         public String objValue { get; set; }
16     }
17 }

```

Рисунок 3 – Листинг кода класса SimpleComboBoxObject

Данные поля используются для отображения в понятной форме значений по которым происходит связка данных между таблицами. Пример использования данного класса показан на рисунке 4.

```

csoma:1
private void FillControls()
{
    List<SimpleComboBoxObject> comboValues = new List<SimpleComboBoxObject> {
        new SimpleComboBoxObject {objName = "Все сотрудники", objValue = "all_employees_view"},
        new SimpleComboBoxObject {objName = "Все записи передвижений", objValue = "all_staff_movements_view"},
        new SimpleComboBoxObject {objName = "Все записи прохождения инструктажей", objValue = "all_safety_trainings_records_view"},
        new SimpleComboBoxObject {objName = "Численность сотрудников по отделам", objValue = "departments_employee_count_view"},
        new SimpleComboBoxObject {objName = "Сотрудники не прошедшие обязательные инструктажи", objValue = "employees_without_safe_train_record_view"}
    };
    comboBox1.DataSource = comboValues;
    comboBox1.DisplayMember = "objName";
    comboBox1.ValueMember = "objValue";
}

```

Рисунок 4 – Пример использования класса SimpleComboBoxObject

Данный пример иллюстрирует создание выпадающего списка типов отчетов на основе коллекции списка из экземпляров класса SimpleComboBoxObject, значение полей objName олицетворяет название типа отчета, а objValue значение, которое будет присвоено DataMember в объекте класса DataSource для выбора представления из БД. Поля DisplayMember и ValueMember у объекта comboBox1 обозначают член отображения (какое поле объекта из списка будет показано пользователю) и член значения (какое поле является значением подразумевающимся под названием соответствующего пункта (объекта, который обозначает данных пункт) [4].

В проекте также подразумевается фильтрация и сортировка основных таблиц. Для обеспечения данного функционала используются поля Filt и Sort экземпляра класса BindingSource, принимающие на вход строку фильтрации или сортировки, оформленную по правилам языка запросов SQL. Эти строки мы получаем при окончании работы форм FiltrationSortEmployeeTableForm и FiltrationSortMainTableForm, в свою очередь данные формы используют класс SortFilterRowObject, листинг кода которого показан на рисунке 5.

```

class SortFilterRowObject
{
    private bool filter_enabled = false, sort_enabled = false;
    private string column_name, compars_op = "=", compars_param, sort_order = "ASC";
    Column:1
    public string Column_name
    {
        get { return column_name; }
        set { column_name = value; }
    }
    Column:0
    public bool Filter_enabled
    {
        get { return filter_enabled; }
        set { filter_enabled = value; }
    }
    Column:0
    public string Comparison_operation
    {
        get { return compars_op; }
        set { compars_op = value; }
    }
    Column:1
    public string Comparison_param
    {
        get { return compars_param; }
        set { compars_param = value; }
    }
    Column:0
    public bool Sort_enabled
    {
        get { return sort_enabled; }
        set { sort_enabled = value; }
    }
    Column:0
    public string Sort_order
    {
        get { return sort_order; }
        set { sort_order = value; }
    }
    Column:4
    public string getFiltrationString()
    {
        if (filter_enabled)
        {
            string filterString = "[" + column_name + " " + compars_op + " " + compars_param;
            if (int.TryParse(compars_param, out _))
            {
                filterString += compars_param;
            }
            else
            {
                filterString += "'" + compars_param + "'";
            }
            return filterString;
        }
        else
        {
            return "";
        }
    }
    Column:4
    public string getSortingString()
    {
        if (sort_enabled)
        {
            return "[" + column_name + " " + sort_order;
        }
        else
        {
            return "";
        }
    }
}

```

Рисунок 5 – Листинг кода класса SortFilterRowObject

Данный класс олицетворяет в себе контейнер информации, нужно ли и как именно фильтровать и/или сортировать столбец, на основе этих данных методы getFiltrationString и getSortingString формируют строку фильтрации и сортировки столбца соответственно, данные заполняются при помощи различных элементов формы привязыванием свойств с помощью метода DataBindings.Add. На основе данного класса мы также можем собрать перечень настроек фильтрации и сортировки для каждого столбца. Пример использования данного класса представлен на рисунке 6.

```

ссылка: 1
private void calculateFilterSortStrings()
{
    filterString = "";
    sortString = "";
    foreach(SortFilterRowObject sortFilterRow in sortFilterRows)
    {
        if(filterString.Length > 0 & sortFilterRow.getFiltrationString() != "")
        {
            filterString += ", ";
        }
        if (sortString.Length > 0 & sortFilterRow.getSortingString() != "")
        {
            sortString += ", ";
        }
        filterString += sortFilterRow.getFiltrationString();
        sortString += sortFilterRow.getSortingString();
    }
}

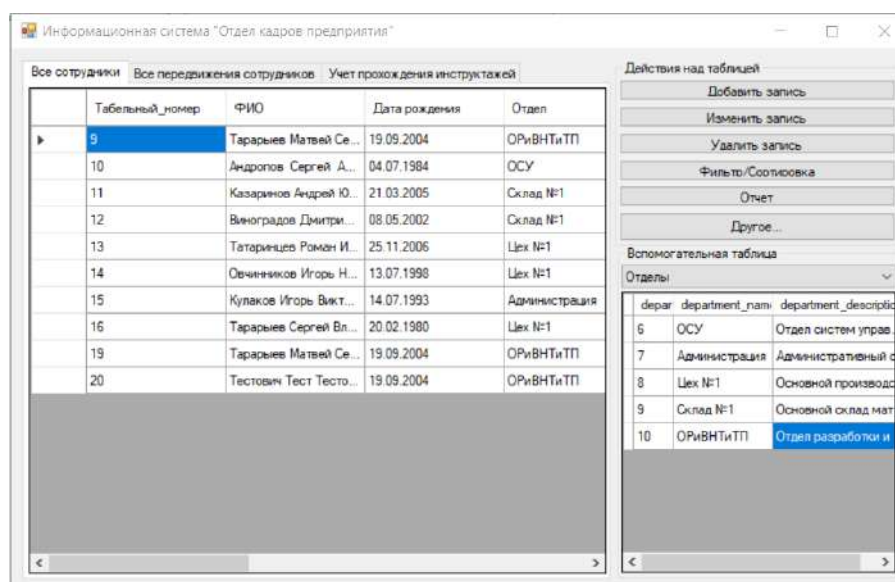
```

Рисунок 6 – Пример использования класса SortFilterRowObject

Благодаря такой структуре мы можем создать различные комбинации настроек фильтрации и сортировки для любой таблицы с наименьшими трудозатратами.

Финальным этапом разработки программного приложения информационной системы является разработка пользовательского интерфейса программного приложения.

Для экономии трудозатрат типичным решением является создание основной формы, пример которой представлен на рисунке 7.



The screenshot shows a software application window titled "Информационная система "Отдел кадров предприятия"". It features a tab control with three tabs: "Все сотрудники", "Все передвижения сотрудников", and "Учет прохождения инструктажей". The "Все сотрудники" tab is active, displaying a table with columns: "Табельный номер", "ФИО", "Дата рождения", and "Отдел". The table contains 20 rows of employee data. To the right of the table is a panel titled "Действия над таблицей" with buttons: "Добавить запись", "Изменить запись", "Удалить запись", "Фильтр/Сортировка", "Отчет", and "Другое...". Below this panel is a section titled "Вспомогательная таблица" with a dropdown menu labeled "Отделы". A small table below the dropdown lists departments with columns "depart", "department_name", and "department_description". The table lists 10 departments, with the last one, "Отдел разработки и...", highlighted in blue.

Табельный номер	ФИО	Дата рождения	Отдел
9	Тарарьев Матвей Се...	19.09.2004	ОРИВНТИТП
10	Андропов Сергей А...	04.07.1984	ОСУ
11	Казаринов Андрей Ю...	21.03.2005	Склад №1
12	Виноградов Дмитри...	08.05.2002	Склад №1
13	Таторинцев Роман И...	25.11.2006	Цех №1
14	Овчинников Игорь Н...	13.07.1990	Цех №1
15	Кулаков Игорь Викт...	14.07.1993	Администрация
16	Тарарьев Сергей Вл...	20.02.1980	Цех №1
19	Тарарьев Матвей Се...	19.09.2004	ОРИВНТИТП
20	Тестович Тест Тесто...	19.09.2004	ОРИВНТИТП

depart	department_name	department_description
6	ОСУ	Отдел систем управ.
7	Администрация	Административный с
8	Цех №1	Основной производс
9	Склад №1	Основной склад мат
10	ОРИВНТИТП	Отдел разработки и

Рисунок 7 – Пример основной формы программы

На данной форме одновременно и компактно располагаются три основные таблицы (переключение по которым происходит через элемент tabControl), а также перечень действий над этими таблицами и вспомогательная таблица в зависимости от выбора пользователя.

Каждая кнопка данной формы открывает соответствующую названию и функционалу форму в виде диалогового окна. В зависимости от выбранной вкладки основной таблицы состав форм может быть изменен согласно столбцам выбранной таблицы, однако все они построены по схожему принципу.

Пример формы для добавления записи показан на рисунке 8.

Рисунок 8 – Пример формы добавления записи в таблицу

Во всех формах, где присутствуют внешние ключи, выбор данных осуществляется либо через выпадающий список, либо через специальные формы для поиска. Это обеспечивает целостность данных и позволяет избежать лишних ошибок.

Еще одним важным действием над таблицей является редактирование записей. Пример формы для редактирования записей представлен на рисунке 9.

Рисунок 9 – Пример формы изменения записи в таблице

Пример формы для удаления записей представлен на рисунке 10.

Рисунок 10 – Пример формы удаления записи в таблице

В информационной системе также могут присутствовать формы для поиска записей во время редактирования полей с внешним ключом, который ссылается на таблицы с большим количеством записей (в основном основные таблицы) с фильтрацией по определённому параметру, что дополнительно облегчает взаимодействие пользователя с системой. Пример такой формы представлен на рисунке 11.

Рисунок 11 – Форма для поиска записи в таблице сотрудников

Для удобной организации фильтрации и сортировки в информационной системе также могут быть созданы соответствующие формы, аналогичные форме на рисунке 12. Пользователю достаточно нажать на флажки для создания собственной конфигурации фильтрации и сортировки.

Рисунок 12 – Форма для поиска записи в таблице сотрудников

Еще одним полезным дополнением к системе может являться возможность сформировать отчет по заданному шаблону, и экспортировать его в файл формата xml, а также есть возможность обратиться напрямую к базе данных. Пример формы для генерации отчета и результаты его экспортирования представлены на рисунке 13. Пример формы для обращения напрямую к БД показана на рисунке 14.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<HRDepartmentDataSet xmlns="http://teepuri.org/HRDepartmentDataSet.xsd">
  <departments_employee_count_view>
    <Отдел>Администрация</Отдел>
    <Количество_с0020_сотрудников>1</Количество_с0020_сотрудников>
  </departments_employee_count_view>
  <departments_employee_count_view>
    <Отдел>ОРБН/ТП</Отдел>
    <Количество_с0020_сотрудников>3</Количество_с0020_сотрудников>
  </departments_employee_count_view>
  <departments_employee_count_view>
    <Отдел>ОСУ</Отдел>
    <Количество_с0020_сотрудников>1</Количество_с0020_сотрудников>
  </departments_employee_count_view>
  <departments_employee_count_view>
    <Отдел>Склад №1</Отдел>
    <Количество_с0020_сотрудников>2</Количество_с0020_сотрудников>
  </departments_employee_count_view>
  <departments_employee_count_view>
    <Отдел>Цех №1</Отдел>
    <Количество_с0020_сотрудников>3</Количество_с0020_сотрудников>
  </departments_employee_count_view>
</HRDepartmentDataSet>

```

Рисунок 13 – Форма для формирования отчетов и результат экспорта

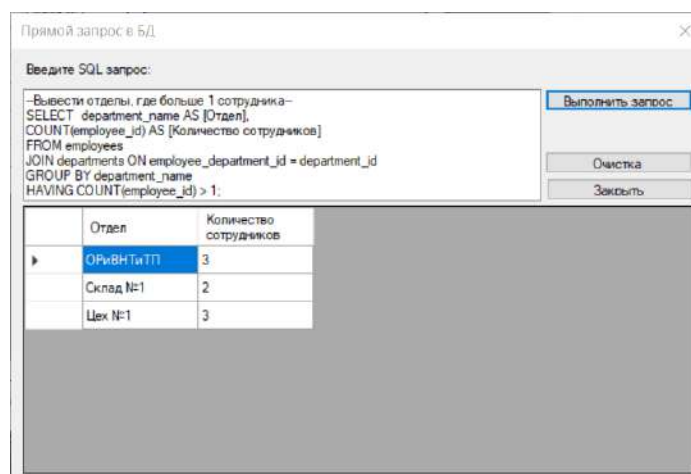


Рисунок 14 – Форма для прямого взаимодействия с БД

Таким образом, использование возможностей технологии «.NET» при разработке программного приложения информационной системы в среде Microsoft Windows позволило создать классы для дальнейшего облегчения реализации следующих действий – добавление, изменение, удаление данных из базы данных, а также фильтрацию и сортировку таблиц. Кроме того, разработка позволила создать пользовательский графический интерфейс, позволяющий рядовому сотруднику работать с разработанной информационной системой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова, П. В. Принципы разработки систем массового обслуживания с ограниченной очередью на платформе .NET / П. В. Антонова // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 2. – С. 15-28. – DOI 10.7256/2454-0714.2023.2.43403. – EDN NIXNNH.
2. Разработка приложения для моделирования работы цифровых схем с использованием платформы .NET Framework / Б. А. Махфуд, А. Н. Пикулев, А. В. Толмачева, Т. П. Пирогова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 11(149). – DOI 10.60797/IRJ.2024.149.110. – EDN MKZKLH.
3. Суворов, В. В. Использование data grid view контейнеров в платформе.NET для вывода табличных данных из MYSQL / В. В. Суворов // Colloquium-Journal. – 2020. – № 9-1(61). – С. 68-69. – EDN FBFCQX..
4. Шайдуллина, Э. Н. Разработка класса для взаимодействия с базами данных в # с использованием ADO.NET / Э. Н. Шайдуллина, С. В. Гаврилов // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2024. – № 3(28). – С. 158-167. – EDN MVBYJI.

Тарарьев Матвей Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: mr.tarariev@yandex.ru

Дунаева Виктория Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: dunaeva@bsuedu.ru

СЕКЦИЯ 1
«ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
SECTION 1
«THEORY AND METHODOLOGY
OF INFORMATION TECHNOLOGIES»

УДК 004.89

Научный руководитель:
Коськин Александр Васильевич,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

В.А. АДАМОВИЧ
V.A. ADAMOVICH

МЕТОД КОНКОРДАЦИИ И МЕТОДЫ НА ОСНОВЕ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ

THE CONCORDANCE METHOD AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE-
BASED METHODS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFECTIVENESS

В данной статье проводится сравнительный анализ эффективности метода конкордации и методов, основанных на искусственном интеллекте (ИИ). Цель исследования – выявить преимущества и недостатки каждого подхода, а также определить области их наиболее эффективного применения. В ходе анализа рассматриваются основные принципы работы методов, их применимость в различных задачах, а также оцениваются результаты их использования на практике. Особое внимание уделяется точным расчётам и математическому сравнению методов.

Ключевые слова: система хранения знаний, машинное обучение, GPT-системы, нейросети, алгоритмы обработки информации.

This article provides a comparative analysis of the effectiveness of the concordance method and methods based on artificial intelligence (AI). The purpose of the study is to identify the advantages and disadvantages of each approach, as well as to identify the areas of their most effective application. The analysis examines the basic principles of the methods, their applicability in various tasks, and evaluates the results of their use in practice. Special attention is paid to accurate calculations and mathematical comparison of methods.

Keywords: knowledge storage system, machine learning, GPT systems, neural networks, information processing algorithms.

Методы конкордации и методы на основе искусственного интеллекта (ИИ) являются двумя различными подходами к решению сложных задач в различных областях. Метод конкордации основан на согласовании и оптимизации параметров системы для достижения желаемого результата [1]. Методы на основе ИИ используют алгоритмы машинного обучения и нейронные сети для анализа данных и принятия решений.

Целью данной статьи является сравнительный анализ эффективности этих двух подходов. Для достижения этой цели необходимо рассмотреть основные принципы работы каждого метода, их применимость в различных задачах и оценить результаты их использования на практике.

Метод конкордации основывается на идее согласования параметров системы для достижения оптимального результата. Он может быть применён в различных областях, таких как управление проектами, логистика, производство и т.д. Основные принципы работы метода включают:

- определение целей и ограничений системы;
- анализ параметров системы и их взаимосвязей;
- разработка стратегии согласования параметров;
- реализация стратегии и мониторинг результатов.

Методы на основе ИИ используют алгоритмы машинного обучения и нейронные сети для анализа данных и принятия решений [2]. Они могут быть применены в таких областях, как медицина, финансы, маркетинг и т.д. Основные принципы работы методов включают:

- сбор и обработка данных;
- обучение модели на основе данных;
- тестирование модели и оценка её точности;
- применение модели для принятия решений.

Для сравнения эффективности метода конкордации и методов на основе ИИ необходимо рассмотреть следующие аспекты:

– область применения: метод конкордации может быть более эффективным в задачах, где требуется согласование параметров системы, в то время как методы на основе ИИ могут быть более подходящими для задач, требующих анализа больших объёмов данных;

– сложность задачи: метод конкордации может быть более простым в реализации для задач с небольшим количеством параметров, в то время как методы на основе ИИ могут быть более сложными для реализации, но более эффективными для задач с большим количеством параметров;

– точность результатов: методы на основе ИИ могут обеспечить более высокую точность результатов за счёт использования алгоритмов машинного обучения, в то время как метод конкордации может обеспечить более предсказуемые результаты за счёт согласования параметров;

– время реализации: метод конкордации может потребовать больше времени для реализации из-за необходимости согласования параметров, в то время как методы на основе ИИ могут быть реализованы быстрее за счёт использования готовых алгоритмов.

Рассмотрим пример оптимизации производственного процесса с использованием метода конкордации и методов на основе ИИ.

Предположим, что у нас есть производственная линия, состоящая из нескольких этапов. Каждый этап имеет свои параметры, такие как время обработки, количество ресурсов и т.д. Цель – минимизировать общее время производства при соблюдении качества продукции.

Метод конкордации предполагает следующие этапы:

- определение цели и ограничения системы (например, максимальное время производства, минимальное качество продукции);
- анализ параметров системы и их взаимосвязи (например, как время обработки на одном этапе влияет на время обработки на следующем этапе);
- разработка стратегии согласования параметров (например, изменяем время обработки на каждом этапе, чтобы минимизировать общее время производства);
- реализация стратегии и отслеживание результатов (например, измеряем общее время производства и качество продукции).

Математически это можно представить как задачу оптимизации с ограничениями:

$$\min_{x \in X} f(x) \\ \text{при, } g_i(x) \leq 0, i = 1 \dots m,$$

где x – вектор параметров системы, $f(x)$ – функция цели (например, общее время производства), $g(x)$ – ограничения (например, качество продукции).

Далее рассмотрим этапы применения методов на основе ИИ:

- сбор и обработка данных о производственном процессе (например, время обработки на каждом этапе, количество ресурсов и т.д.).
- обучение модели на основе данных (например, использование алгоритма машинного обучения для прогнозирования времени производства на основе параметров системы).
- тестирование модели и оценка её точности (например, сравнение прогнозируемого времени производства с фактическим временем производства).
- применение модели для принятия решений (например, оптимизация параметров системы на основе прогнозов модели).

Математически это можно представить как задачу регрессии:

$$y = f(x) + \varepsilon$$

где y – целевая переменная (например, время производства), x – вектор параметров системы, $f(x)$ – функция, описывающая зависимость y от x , ε – ошибка модели.

После применения метода конкордации и методов на основе ИИ к задаче оптимизации производственного процесса можно сравнить результаты и оценить эффективность каждого подхода.

Метод конкордации:

- результаты представлены в виде оптимальных параметров системы, которые минимизируют общее время производства при соблюдении качества продукции;
- оценка эффективности основана на сравнении фактического времени производства с целевым временем, а также на анализе качества продукции.

Методы на основе ИИ:

- результаты представлены в виде модели, которая прогнозирует время производства на основе параметров системы;
- оценка эффективности основана на точности модели, которая определяется путём сравнения прогнозируемого времени производства с фактическим временем производства.

Таким образом, можно заметить, что выбор между методом конкордации и методами на основе ИИ зависит от специфики задачи и доступных ресурсов.

Метод конкордации рекомендуется использовать в следующих случаях:

- задачи с небольшим количеством параметров: если система имеет ограниченное число переменных, которые необходимо учитывать, метод конкордации может быть более эффективным и менее трудоёмким;
- необходимость учёта множества факторов и ограничений: когда важно учитывать различные аспекты и ограничения системы, метод конкордации позволяет более гибко подходить к оптимизации параметров;
- глубокое понимание системы: если у специалистов есть глубокое понимание работы системы и её параметров, метод конкордации может быть реализован более эффективно;

Методы на основе ИИ рекомендуются использовать в следующих случаях:

- задачи с большим количеством параметров: когда система имеет множество переменных и сложных взаимосвязей, методы на основе ИИ могут более эффективно обрабатывать большие объёмы данных и выявлять закономерности;
- наличие достаточного количества качественных данных: для успешного обучения моделей машинного обучения необходимо иметь доступ к значительным объёмам данных, которые должны быть качественными и релевантными;
- потребность в высокой точности результатов: методы на основе ИИ могут обеспечить более высокую точность прогнозов и решений, что особенно важно в задачах, где требуется высокая степень точности.

Для более точного сравнения эффективности метода конкордации и методов на основе ИИ необходимо использовать реальные данные. Рассмотрим пример оптимизации производственного процесса на предприятии, где используются оба подхода.

Предположим, что у нас есть производственная линия, состоящая из нескольких этапов: подготовка материалов, обработка деталей, сборка и контроль качества. Каждый этап имеет свои параметры, такие как время обработки, количество ресурсов, температура, давление и т.д. Цель – минимизировать общее время производства при соблюдении качества продукции.

Этапы оптимизации производственного процесса по методу конкордации:

1. Определение целей и ограничений системы:
 - максимальное время производства: 10 часов;
 - минимальное качество продукции: 95% соответствия стандартам;
 - анализ параметров системы и их взаимосвязей;
2. Время обработки на каждом этапе:
 - взаимосвязь между временем обработки и качеством продукции;
 - влияние параметров (температура, давление) на время обработки.
3. Разработка стратегии согласования параметров:
 - изменение времени обработки на каждом этапе для минимизации общего времени производства;
 - оптимизация параметров (температура, давление) для улучшения качества продукции.
4. Реализация стратегии и мониторинг результатов:
 - измерение общего времени производства и качества продукции;
 - корректировка параметров при необходимости.

Этапы оптимизации производственного процесса по методам на основе ИИ:

1. Сбор и обработка данных:
 - сбор данных о времени обработки на каждом этапе;
 - сбор данных о качестве продукции;
 - обработка данных для удаления выбросов и шума.
2. Обучение модели на основе данных:
 - использование алгоритма машинного обучения (например, регрессии) для прогнозирования времени производства на основе параметров системы;
 - обучение модели на собранных данных.
3. Тестирование модели и оценка её точности:
 - сравнение прогнозируемого времени производства с фактическим временем производства;
 - оценка точности модели.
4. Применение модели для принятия решений:
 - оптимизация параметров системы на основе прогнозов модели;
 - мониторинг результатов и корректировка модели при необходимости.

После применения метода конкордации и методов на основе ИИ к задаче оптимизации производственного процесса можно сравнить результаты и оценить эффективность каждого подхода.

Результаты метода конкордации: оптимальные параметры системы, которые минимизируют общее время производства при соблюдении качества продукции.

Оценка эффективности: сравнение фактического времени производства с целевым временем, анализ качества продукции.

Результаты методов на основе ИИ: модель, которая прогнозирует время производства на основе параметров системы.

Оценка эффективности: точность модели, определяемая путём сравнения прогнозируемого времени производства с фактическим временем производства.

Предположим, что после применения метода конкордации общее время производства сократилось с 12 часов до 10 часов, а качество продукции осталось на уровне 95%. При использовании методов на основе ИИ модель предсказала, что при определённых параметрах системы время производства составит 9,5 часов, что подтвердилось фактическими данными.

Далее можно сформулировать преимущества и недостатки каждого подхода.

Преимущества метода конкордации:

- позволяет учитывать множество факторов и ограничений;
- обеспечивает предсказуемые результаты за счёт согласования параметров;
- может быть эффективным для задач с небольшим количеством параметров.

Недостатки:

- требует глубокого понимания системы и её параметров;
- может быть сложным для реализации для задач с большим количеством параметров;
- может потребовать больше времени для реализации.

Преимущества методов на основе ИИ:

- позволяют обрабатывать большие объёмы данных и выявлять сложные закономерности;
- могут быть эффективными для задач с большим количеством параметров;
- могут обеспечить более высокую точность результатов.

Недостатки:

- требуют наличия достаточного количества качественных данных для обучения модели;
- могут быть сложными для интерпретации и оценки точности;
- могут потребовать дополнительных усилий для подготовки данных и обучения модели.

В результате сравнительного анализа эффективности метода конкордации и методов на основе ИИ можно сделать вывод, что каждый подход имеет свои преимущества и недостатки. Метод конкордации может быть более подходящим для задач, требующих согласования параметров системы, в то время как методы на основе ИИ могут быть более эффективными для задач, требующих анализа больших объёмов данных. Выбор подхода зависит от конкретной задачи и требований к результатам.

Для более точного сравнения эффективности методов необходимо провести дополнительные исследования и эксперименты на реальных данных. Это позволит получить более надёжные результаты и рекомендации по выбору подхода для конкретных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. / Математические методы и модели в управлении. [Текст] // М.: КДУ, 2009. – 440 с.
2. Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н. / Прикладные методы анализа статистических данных. [Текст] // М.: Высшая школа экономики, 2012. – 312 с.

Адамович Владислав Андреевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: adamovich2010@yandex.ru

УДК 004.89

*Научный руководитель:
Торопчин Дмитрий Анатольевич,
старший преподаватель кафедры*

информационных и робототехнических систем,
НИИ «БелГУ» (Белгород, Россия)

К.О. БАРДИНОВ
K.O. BARDINOV

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА КЛЮЧЕВЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТА

REVIEW OF METHODS AND ALGORITHMS FOR INTELLIGENT ANALYSIS OF KEY INVESTMENT INDICATORS OF THE PROJECT

В данной статье рассматриваются современные методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных, используемые для оценки ключевых инвестиционных показателей проекта. Особое внимание уделяется проблеме вариативности исходных данных и выбору наиболее эффективных подходов для повышения результативности инвестиционных решений. В статье подчеркивается значимость внедрения генеративного искусственного интеллекта для глубокого анализа и прогнозирования инвестиционных данных, что позволяет повысить точность оценки проектов на 35-50% по сравнению с традиционными методами.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, инвестиционные показатели, генеративный искусственный интеллект, машинное обучение, оптимизация инвестиций.

This article discusses modern methods and algorithms of intelligent data analysis used to evaluate key investment indicators of a project. Special attention is given to the issue of variability in initial data and the selection of the most effective approaches to improve the efficiency of investment decisions. The article emphasizes the importance of implementing generative artificial intelligence (GAI) for in-depth analysis and forecasting of investment data, which allows increasing the accuracy of project evaluation by 35-50% compared to traditional methods.

Keywords: intelligent data analysis, investment indicators, generative artificial intelligence, machine learning, investment optimization.

Современные инвестиционные проекты требуют тщательного анализа и объективной оценки их эффективности для принятия взвешенных решений. В условиях динамичного технологического развития и увеличивающейся сложности инвестиционных стратегий традиционные методы анализа не всегда дают полное представление о перспективах проекта [1-3].

Согласно исследованиям, около 60% инвестиционных решений основываются на недостаточно точных прогнозах, что ведет к финансовым потерям и снижению рентабельности проектов. В связи с этим возникает необходимость в применении интеллектуального анализа данных (Data Mining), позволяющего выявлять скрытые закономерности и предсказывать тренды на основе обработки больших массивов данных.

Ожидается, что к 2030 году более 70% инвестиционных решений будут приниматься на основе ИИ-анализа. Генеративный искусственный интеллект (ГИИ) позволит не только прогнозировать рыночные тренды, но и разрабатывать персонализированные стратегии для инвесторов [4-6].

Ведущие инвестиционные компании уже используют ГИИ в следующих направлениях:

- анализ и предсказание кредитных рисков;
- оптимизация портфеля инвестиций;
- прогнозирование кризисных ситуаций;
- оценка рентабельности венчурных проектов.

Развитие методов машинного обучения (МО) и ГИИ открывает новые возможности для повышения точности инвестиционных прогнозов. Генеративные модели позволяют

анализировать сложные взаимосвязи между факторами, прогнозировать рыночные изменения и минимизировать инвестиционные риски.

Целью данной статьи является сравнительный анализ традиционных методов интеллектуального анализа данных с генеративным искусственным интеллектом в контексте инвестиционной деятельности.

Для достижения поставленной были решены следующие задачи:

1. Изучены ключевые показатели эффективности инвестиций (NPV, IRR, PI, DPP) [7, 8].

2. Проанализированы существующие подходы интеллектуального анализа данных и их применение в инвестициях.

3. Рассмотрены возможности генеративного искусственного интеллекта в инвестиционной аналитике.

4. Проведен сравнительный анализ традиционных методов и ГИИ с точки зрения точности прогнозирования, скорости обработки данных и адаптивности.

5. Предложен оптимальный метод, обеспечивающий повышение точности прогнозирования более, чем на 30%.

Интеллектуальный анализ данных включает в себя ряд методик, направленных на обработку, очистку и интеграцию больших объемов информации.

Наиболее распространенные методы:

- отслеживание паттернов – выявление закономерностей в исторических данных (например, рост инвестиций в технологические стартапы на 20% ежегодно).

- анализ ассоциаций – определение взаимосвязей между событиями (например, 75% покупателей акций технологических компаний также инвестируют в криптовалюту).

- классификация – разделение данных на категории для прогнозирования успешности проекта (точность до 92%).

- обнаружение выбросов – выявление аномалий (например, неожиданный рост доходности на 150%).

- кластеризация – группировка инвестиционных объектов по уровню риска и доходности.

- дерево решений – метод прогнозирования, позволяющий предсказывать успех проекта с точностью 87%.

- регрессионный анализ – метод прогнозирования значений, например, предсказание доходности акций с точностью 80%.

- нейронные сети – использование глубокого обучения для сложных прогнозов (точность предсказания цен на недвижимость увеличивается на 40%) [6].

Проведенные исследования позволяют утверждать, что использование генеративного искусственного интеллекта в инвестиционной аналитике дает значительные преимущества по сравнению с традиционными методами представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ классических методов и ГИИ

Метод	Точность анализа	Скорость обработки	Адаптивность
Регрессионный анализ	80%	Средняя	Низкая
Дерево решений	87%	Высокая	Средняя
Нейронные сети	92%	Высокая	Высокая
Генеративный ИИ	97%	Очень высокая	Очень высокая

На основе таблицы 1 можно сделать вывод: ГИИ позволяет учитывать сложные многомерные взаимосвязи между факторами и прогнозировать изменения рынка с большей точностью.

К преимуществам ГИИ, перед классическими методами можно отнести:

- глубокий анализ многомерных данных – модели ГИИ анализируют сразу несколько взаимосвязанных параметров, что повышает точность прогнозов;
- самообучаемость – алгоритмы постоянно улучшают свои предсказания на основе новых данных;
- автоматизация процессов – позволяет сократить время анализа инвестиционных проектов на 50%;
- минимизация рисков – снижение погрешности прогнозов на 25-40%.

На основе выводов, полученных выше, сформулируем метод для практического применения ГИИ в инвестициях, который состоит из следующих этапов:

- сбор и обработка данных – анализ более 5000 инвестиционных проектов для выявления закономерностей;
- обучение модели – применение генеративно-сопоставительных сетей (GAN), вариационных автокодировщиков (VAE) и других моделей;
- прогнозирование – автоматический расчет инвестиционных рисков, предсказание прибыльности проектов;
- мониторинг и корректировка – регулярная оценка точности прогнозов и адаптация модели.

Применение предложенного метода для практического использования генеративного искусственного интеллекта (ГИИ) в инвестиционной деятельности может позволить достичь результатов, таких как:

1. *Увеличение точности прогнозов.* Метод, основанный на анализе большого объема данных и применении сложных моделей, таких как GAN и VAE, позволит достичь более высокой точности в прогнозировании прибыльности инвестиционных проектов [5]. Это обеспечит значительное снижение ошибок в оценке рисков и доходности, что повысит уверенность инвесторов в принимаемых решениях.

2. *Снижение финансовых рисков.* Автоматический расчет инвестиционных рисков, выполняемый на основе анализа 5000+ инвестиционных проектов, поможет более точно оценить потенциальные угрозы и вероятность успеха каждого проекта. Это позволит избежать нежелательных финансовых потерь и минимизировать риски, связанные с вложением средств в малообоснованные или высокорисковые проекты.

3. *Оптимизация инвестиционного портфеля.* Прогнозирование прибыльности проектов на основе генеративного ИИ позволяет не только выделить наиболее выгодные инвестиции, но и формировать более сбалансированные и безопасные инвестиционные портфели. Модели ГИИ могут оптимизировать распределение активов, минимизируя риски и обеспечивая максимальную доходность.

4. *Повышение адаптивности стратегии.* Регулярный мониторинг и корректировка модели с учетом новых данных позволяет улучшать прогнозы в реальном времени и адаптировать стратегию к изменениям внешней среды. Это дает возможность оперативно реагировать на неожиданные изменения в рыночной ситуации, что значительно повышает гибкость инвестиционных решений.

5. *Автоматизация процесса принятия решений.* Применение ГИИ для автоматизации процесса прогнозирования и оценки рисков позволяет значительно ускорить принятие решений. Это сокращает время на анализ и планирование, что особенно важно в условиях быстро меняющихся рынков и высококонкурентной среды.

6. *Постоянное улучшение качества прогнозов.* С помощью генеративных моделей, таких как GAN и VAE, процесс прогнозирования постоянно улучшается на основе новых данных и опыта. Это дает возможность повысить эффективность моделей и их точность с каждым циклом анализа, что ведет к более качественным инвестиционным решениям с течением времени.

Таким образом, использование предложенного метода позволит инвесторам повысить прибыльность своих вложений, уменьшить риски и улучшить качество долгосрочных инвестиционных решений, что делает их более конкурентоспособными на рынке.

Генеративный искусственный интеллект представляет собой мощный инструмент для интеллектуального анализа инвестиционных данных. Применение ГИИ позволит:

- повысить точность прогнозов до 97%;
- сократить временные затраты на анализ данных;
- улучшить качество инвестиционных решений.

В условиях глобальной цифровизации использование ГИИ в инвестиционной аналитике становится не только конкурентным преимуществом, но и необходимостью для эффективного управления капиталом. Дальнейшее развитие данной технологии позволит минимизировать финансовые риски и обеспечить стабильный рост инвестиционных портфелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, Н.Г. Экономическая оценка инвестиционных проектов / Н.Г. Васильев. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 320 с.
2. Курбатов, А.Е. Генеративные модели и их применение в искусственном интеллекте / А.Е. Курбатов. – М.: Наука, 2021. – 320 с.
3. Иванов, П.С. Основы машинного обучения и генеративных нейросетей / П.С. Иванов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 450 с.
4. Хайнц, М. Искусственный интеллект: от машинного обучения до генеративных моделей / М. Хайнц. – М.: Вильямс, 2022. – 480 с.
5. Козлов, В.А. Глубокое обучение и нейросети: теория и практика / В.А. Козлов, Е.В. Дмитриев. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 560 с.
6. Бенжамин, Л. Генеративный искусственный интеллект: от теории к практике / Л. Бенжамин. – М.: КНОРУС, 2024. – 368 с.
7. Зубков, Н.И. Анализ и оценка инвестиционных проектов: учебное пособие / Н.И. Зубков. – М.: Юрайт, 2015. – 480 с.
8. Chen, M., Song, L., Wang, L., & Chen, X. (2019). Deep learning-based risk prediction in finance. Proceedings of the 28th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, 1123-1132.

Бардинов Кирилл Олегович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: if_if@mail.ru

УДК 004.738.5:336.74

*Научный руководитель:
Худасова Ольга Геннадьевна,
старший преподаватель кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

В.В. ВОЙКИН
V.V. VOJKIN

РАЗРАБОТКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА КРИПТОВАЛЮТНЫХ КУРСОВ

DEVELOPMENT OF A TELEGRAM BOT FOR MONITORING CRYPTOCURRENCY EXCHANGE RATES

В статье рассматривается процесс разработки telegram-бота для мониторинга криптовалютных курсов, подчеркивая важность быстрого доступа к актуальной информации о цифровых валютах. Описаны технологии и подходы, используемые при создании ботов, а также приводятся аргументы в пользу выбранного решения. Завершается статья обсуждением возможностей и пользы данного проекта для пользователей.

Ключевые слова: каталогизация библиотеки, информационная система, ИС библиотеки, СППР по выбору книг, каталог.

The article discusses the process of development a telegram bot for monitoring cryptocurrency exchange rates, emphasizing the importance of quick access to up-to-date information about digital currencies. The text describes the technologies and approaches used in creating bots, as well as provides arguments in favor of the chosen solution. The article ends with a discussion of the possibilities and benefits of this project for users.

Keywords: library cataloging, information system, library information system, book selection software, catalog.

Актуальность разработки telegram-бота для мониторинга криптовалютных курсов обусловлена потребностью в удобном и быстром доступе к актуальной информации о ценах на криптовалюты. Telegram, как одна из самых популярных и функциональных платформ для обмена сообщениями, предоставляет отличные возможности для создания ботов, способных автоматически предоставлять пользователям необходимые данные в режиме реального времени.

Криптовалютный рынок за последние годы стал одним из наиболее динамично развивающихся секторов финансовой индустрии. В связи с этим возникла потребность в инструментах, позволяющих оперативно отслеживать изменения курсов криптовалют. Существует множество сервисов и приложений, предоставляющих информацию о ценах на цифровые активы, однако не все они отвечают требованиям современных пользователей в части удобства, функциональности и доступности.

Разработка telegram-бота требует использования определенных технологий и инструментов, которые обеспечат эффективную работу приложения и его взаимодействие с пользователем. Следует рассмотреть основные технологии, применяемые при создании telegram-ботов, и обосновать выбор инструментов для разработки бота.

Методология IDEF0 применяется для детального анализа и документирования как текущих, так и планируемых деловых процессов. Это мощный инструмент, позволяющий систематизировать и исследовать функциональные составляющие предприятий, учреждений и последовательностей работы. Технология была специально разработана для совершенствования механизмов контроля при создании и развитии сложных организационных структур [1].

На данный момент, для описания многих бизнес-процессов, используют нотацию IDEF0. С помощью нее, мы детально можем изучить различные процессы, происходящие в какой-либо системе, и также разделить эти процессы на подпроцессы, для точного и более детального анализа деятельности.

При разработке диаграмм использовались модели состояния «КАК ЕСТЬ» и «КАК БУДЕТ». На рисунке 1 представлена созданная контекстная диаграмма входная информация: –информация о криптовалютах на рынке; –требования к финансовой части на рынке. Выходной информацией является: –отчет о курсах криптовалюты; –выполненные требования по финансовой части.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма «КАК ЕСТЬ»

В рамках разработки архитектуры telegram-бота для мониторинга крипто-валютных курсов была выполнена декомпозиция контекстной диаграммы IDEF0, позволяющая детализировать основные функциональные блоки системы и их взаимодействие.

Исходная контекстная диаграмма A0, представляющая систему как единый функциональный блок с входами, выходами, управлениями и механизмами, была развернута в диаграмму первого уровня A0, раскрывающую ключевые подпроцессы, представленные на рисунке 2.

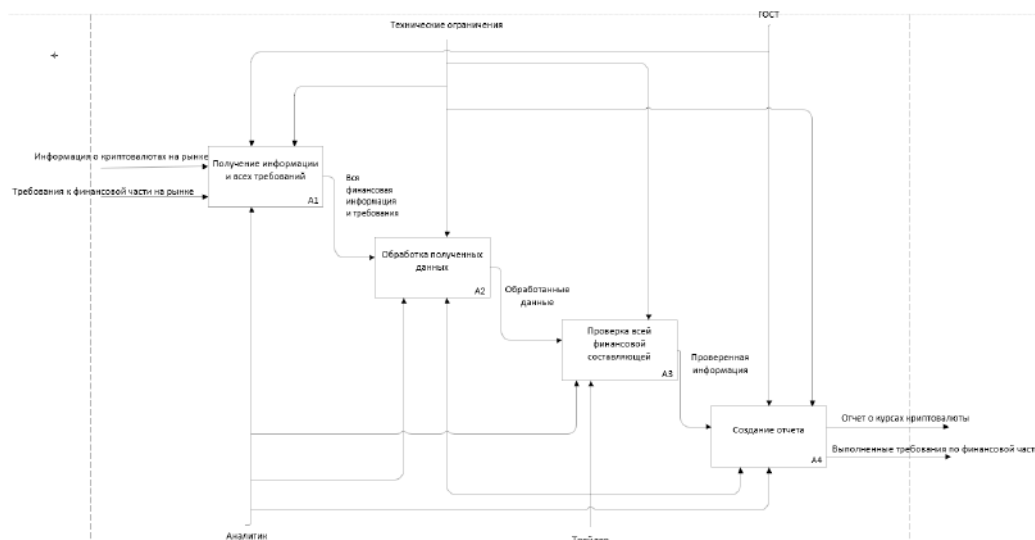


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции блока A0

На основании проведенного проектирования можно сказать о необходимости внедрение информационной системы, которая будет оптимизировать процессы. Данная система будет автоматизировать процесс обработки заказов, управления запасами, формирования отчета и взаимодействия с клиентами. На выходе использования данной информационной системы, будет формироваться автоматически электронный отчет, что поможет анализировать работу бизнеса.

Модель «КАК БУДЕТ» применяется при разработке диаграмм для прогнозирования будущих состояний и изменений на предприятии. На диаграмме декомпозиции и контекстной красным цветом показаны созданные и новые свойства.

На контекстной диаграмме модели «КАК БУДЕТ» изменены и добавлены следующие свойства:

- входные данные: онлайн информация о криптовалютах на рынке.
- выходные данные: электронный отчет о курсах криптовалюты (рис. 3.).



Рисунок 3 – Контекстная диаграмма «КАК БУДЕТ»

С внедрением модели «КАК БУДЕТ» произошли изменения в функциональном блоке A4, который теперь ответственен за генерацию электронных отчетов. Кроме того, был внесен новый элемент – информационная система (ИС). Использование информационной системы обеспечивает более эффективное взаимодействие с различными объектами в рамках системы [1, 2]. Этот инновационный элемент упрощает процессы обработки информации, что способствует повышению эффективности системы в целом.

В результате, внесенные изменения направлены на оптимизацию и совершенствование функциональности блока A4, что содействует более эффективной и гибкой работе всей системы. Диаграмма декомпозиции блока A0 представлена на рисунке 4.

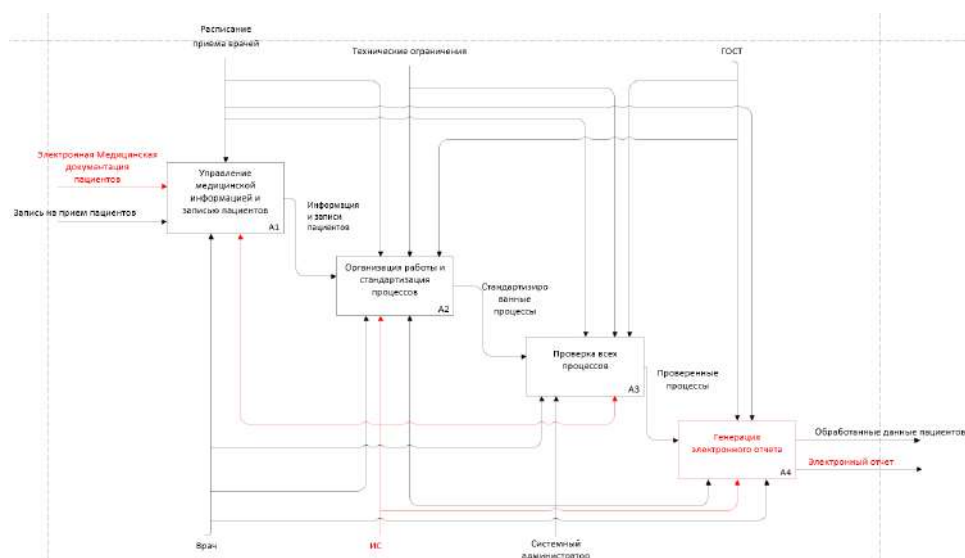


Рисунок 4 – Диаграмма декомпозиции блока A0

UML – это стандартный язык для визуализации, проектирования и документирования систем. Он предоставляет нотации и инструменты для создания различных видов диаграмм, которые охватывают различные аспекты системного проектирования.

Варианты использования (Use Case) и Тема «Отслеживание курсов криптовалют»: Актеры: Аналитик и Треjder.

Аналитик: просмотр текущих курсов: аналитик может просматривать текущие курсы криптовалют на финансовых рынках; анализ трендов и статистики: аналитик может проводить анализ трендов и статистики изменения курсов криптовалют.

Треjder: осуществление сделок: трейдер может осуществлять сделки с криптовалютами на основе полученной информации; управление портфелем: трейдер может управлять своим инвестиционным портфелем на основе данных о курсах криптовалют. Диаграмма UML «Вариантов использования» представлена на рисунке 5.

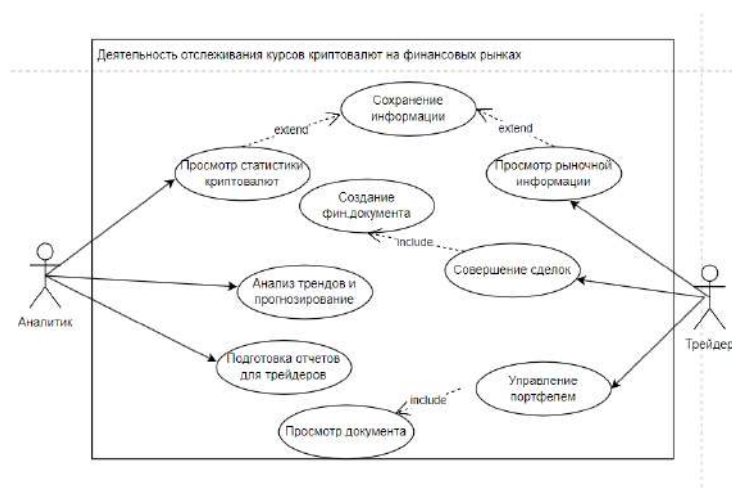


Рисунок 5 – Диаграмма UML «Вариантов использования»

В процессе разработки информационной системы в данном разделе выявлены ключевые аспекты, требующие пересмотра и улучшения в деятельности предприятия.

Эти вопросы включают в себя необходимость замены традиционных бумажных документов на электронные формы, а также стремление к сокращению присутствия ответственных сотрудников, занимающихся обработкой и составлением отчетов.

В случае возможности предпочтение отдается автоматизированным решениям, заменяющим указанных сотрудников с использованием информационной системы. На основе выявленных проблем принято решение разработать информационную систему, которая учитывает эти недостатки и предлагает эффективные решения для их преодоления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ишукова, Е. А. Криптографические основы блокчейн-технологий / Е. А. Ишукова, С. П. Панасенко, К. С. Романенко, В. Д. Салманов. – Москва : ДМК Пресс, 2022. – 300 с. – ISBN 978-5-97060-865-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/314915>. – Режим доступа: для авториз. пользователей
2. Каменнова, М. С. Моделирование бизнес-процессов : учебник и практикум для вузов / М. С. Каменнова, В. В. Крохин, И. В. Машков. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 534 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-16695-8. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/531540>

Войкин Валерий Валерьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент ЦМК Информационных систем и программного обеспечения Инжинирингового колледжа
Email: 1535990@bsu.edu.ru

УДК 004.896

Научный руководитель:
Иващук Ольга Александровна,
заведующий кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

С.Р. ГЗОГЯН, В.А. ДУНАЕВА
S.R. GZOGYAN, V.A. DUNAEVA

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ
ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ
УПРАВЛЕНИИ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ**
**FUNCTIONAL MODELING OF PREDICTIVE ANALYTICS SUBSYSTEM
FOR AUTOMATED CONTROL OF A PROCESSING PLANT**

В статье представлены результаты функционального моделирования подсистемы предиктивной аналитики, которая предложена для внедрения в интегрирующий уровень системы автоматизированного управления предприятием, и которая обеспечивает трансформацию собранных данных о технологических процессах на обогатительной фабрике горнодобывающего комплекса в результативные решения – на основе проведения оптимизации массива производственных данных, оценки и прогнозирования тенденций по изменению производительности измельчительного оборудования.

Ключевые слова: подсистема предиктивной аналитики, функциональное моделирование, технологический процесс, обогатительная фабрика

The article presents the results of functional modeling of the predictive analytics subsystem, which is proposed for implementation into the integration level of the automated enterprise management system, and which ensures the transformation of the collected data on technological processes at the mining processing plant into effective solutions based on optimizing the array of production data, assessing and predicting trends in the productivity of crushing equipment

Keywords: predictive analytics subsystem, functional modeling, technological process, processing plant

Сегодня оснащение производства современными приборами контроля, а также развитие методов моделирования и управления знаниями позволяет разрабатывать эффективное математическое и программное обеспечение для АСУТП и АСУП с решением задач оптимизации производственного цикла обогатительных фабрик (ОФ) [1-3].

Авторами в [4] представлена концептуальная модель специализированной подсистемы – подсистемы предиктивной аналитики (ППА), выключенной в интегрирующий уровень между АСУТП и АСУП ОФ для решения задачи интеллектуального анализа данных, собранных с приборов контроля технологических параметров процесса измельчения руды, и приведения их в форму, пригодную для прогнозирования тенденций развития производства, эффективного планирования производственных ресурсов.

Исследование концептуальной модели ППА позволило выявить ее основные функции, обеспечивающие решение стоящих перед системой задач, а именно:

- автоматизированный сбор значений значимых технологических параметров процессов измельчения;
- предварительная обработка данных;
- хранение и передача данных;
- оптимизация баз данных для возможности построения адекватных прогностических моделей;
- разработка новых, а также корректировка имеющихся прогностических моделей;

- проведение оценки производительности измельчительного оборудования (головных валковых мельниц);
- прогнозирование производительности валковых мельниц при изменении производственных параметров и сырья.

Для обеспечения возможности построения ППА, детализации функций в их взаимосвязи между собой и с внешней средой, выявления параметров управления и механизмов реализации процессов предиктивной аналитики, было проведено функциональное моделирование системы исследуемого класса, разработаны функциональные модели с применением методологии IDEF0 (инструментарий BPWIN).

Результаты представлены на рисунках 1-3.

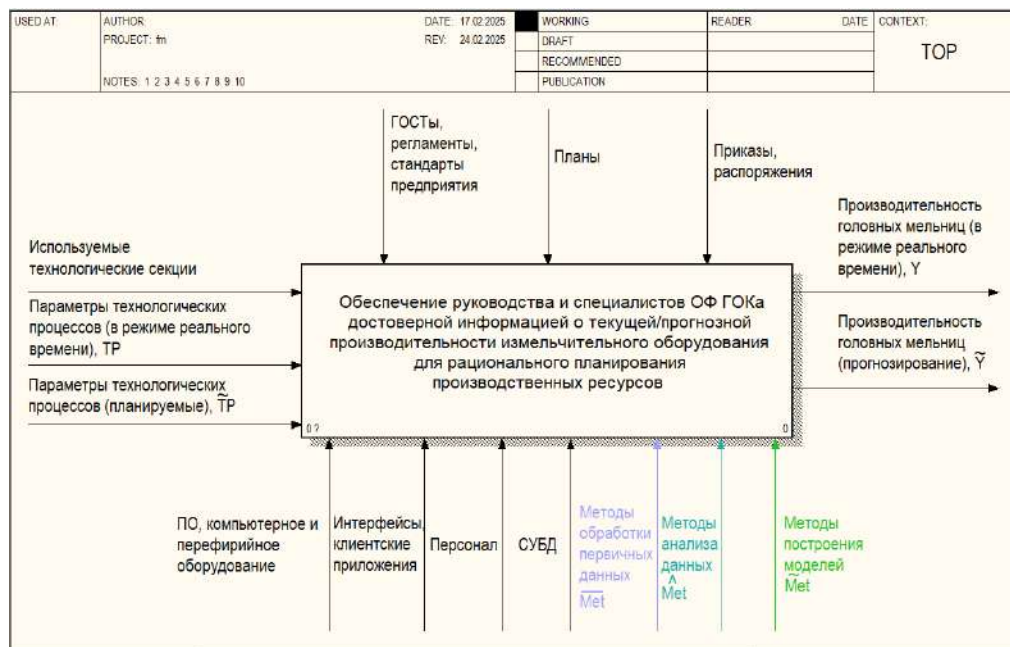


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма функциональной модели ППА

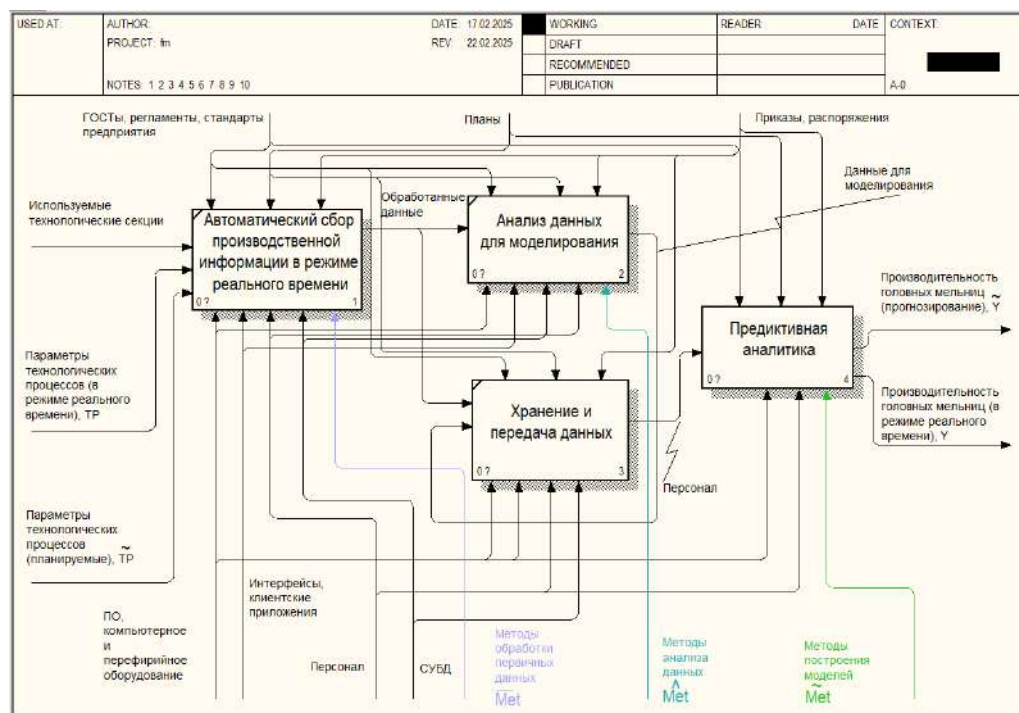


Рисунок 2 – Детализация функциональной модели ППА

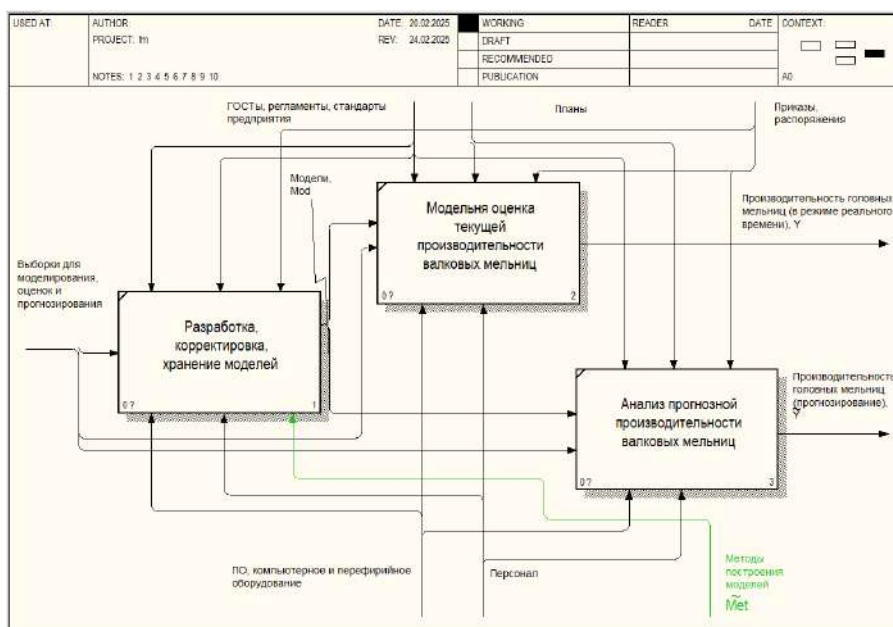


Рисунок 3 – Детализация функции «Предиктивная аналитика» в ППА

Анализ результатов функционального моделирования позволяет выявить те компонентные блоки ППА, которые необходимо реализовать для обеспечения введенных выше функций, в частности для оптимизации массива данных, подготовки выборок для построения математических и компьютерных моделей, проведения прогностических экспериментов и поддержки принятия решений. Также сделан важный вывод: для организации эффективного функционирования ППА необходима разработка специализированных методов обработки и кластеризации производственных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kazarinov, L.S. Oblong ellipsoid method in process efficiency control //2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). – 2016. – Paper number 7414875.
2. Осипова, Н.В. Обзор проектов и решений по цифровым двойникам для обогатительных фабрик / Н.В. Осипова // Автоматизация в промышленности. – 2023. – №.7. – С. 37-42.
3. Швабауэр, А.Я. Управление ГОКом для соблюдения решений проекта / А.Я. Швабауэр // Цифровые технологии в горном деле: тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции (13-16 июня 2023 г., Апатиты). – Апатиты, 2023. – С. 72-73.
4. Иващук, О.А. Построение моделей подсистемы предиктивной аналитики при автоматизированном управлении обогатительной фабрики горно-обрабатывающего комбината/О.А. Иващук, С.Р. Гзогян, Д.В. Гончаров, А.В. Маматов // Современные наукоемкие технологии. - 2025. - №3. - С. 20-30.

Гзогян Семён Райрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Соискатель кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: gzogyan@bsuedu.ru

Дунаева Виктория Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: dunaeva@bsuedu.ru

УДК 004.657

Научный руководитель:
Гончаров Дмитрий Викторович,
старший преподаватель кафедры
информационных и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

И.Е. ГОЛОВКОВ
I.E. GOLOVKOV

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УЧЕТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛИЧНЫХ ФИНАНСОВ

ANALYSIS OF MODERN AUTOMATED INFORMATIONAL SYSTEMS FOR PERSONAL FINANCE TRACKING AND FORECASTING

Исследование посвящено анализу современных инструментов автоматизации управления личными финансами. В работе представлены ключевые доступные на рынке системы, с анализом их функционала, достоинств и ограничений. Особое внимание уделено обобщению данных и определению характерных черт таких систем.

Ключевые слова: личные финансы, финансовый учет, прогнозирование, автоматизация, интеграция.

The article explores contemporary tools for automating personal finance management. It provides an overview of key systems available in the market, analyzing their functionality, strengths, and limitations. Special emphasis is placed on synthesizing data and identifying distinctive features of these systems.

Keywords: personal finance, financial tracking, forecasting, automation, integration.

В условиях цифровой трансформации финансового сектора управление личными финансами выходит на новый уровень, требуя интеграции современных технологий для повышения точности учёта и эффективности планирования [1]. Автоматизированные информационные системы (АИС) становятся ключевым инструментом, способным не только фиксировать транзакции, но и прогнозировать финансовые сценарии, адаптируясь к потребностям пользователей. Несмотря на растущий спрос на такие решения, их функциональные возможности, уровень интеграции с банковскими системами и доступность для массовой аудитории остаются неоднородными.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью систематизации характеристик существующих платформ, выявления их сильных сторон и ограничений, что позволит сформировать рекомендации для пользователей и определить направления дальнейшего развития fintech-решений [2-3]. В статье проведен сравнительный анализ популярных систем таких как ZenMoney, CoinKeeper, Toshl Finance и других, с акцентом на их способность решать задачи учета, прогнозирования и интеграции с финансовыми институтами. Результаты работы направлены на помощь пользователям в выборе оптимального инструмента, а также на выявление пробелов в функционале современных АИС для стимулирования их усовершенствования.

Среди систем, предназначенных для учета личных финансов, одной из наиболее популярных на российском рынке является Дзен-мани (ZenMoney). Эта платформа разработана для контроля финансового состояния и предоставляет пользователям возможность фиксировать денежные поступления и траты, формировать бюджетные планы и анализировать детализированные отчеты. Благодаря интеграции с крупными российскими банками, такими как Сбербанк, Т-Банк, Альфа-Банк и ВТБ, она обеспечивает автоматический импорт операций. Дзен-мани отличается бесплатным доступом ко всем основным функциям, совместимостью с банковскими системами России и визуализация данных через графики и диаграммы, что делает её удобной для пользователей. Однако отсутствие инструментов для прогнозирования финансовых потоков и наличие рекламы,

снижающей удобство использования, ограничивают её возможности. Таким образом, платформа подходит для базового учета благодаря простоте и доступности, но может оказаться недостаточной для пользователей, которым важен углублённый анализ.

Другой АИС, ориентированной на помощь в планировании и соблюдении бюджета, выступает CoinKeeper. Она предоставляет инструменты для контроля расходов, мониторинга финансовых целей и анализа трат, поддерживая синхронизацию с российскими банками. CoinKeeper выделяется уникальной методикой бюджетирования, основанной на принципе рационального распределения средств, а также доступом к обучающим материалам и поддержке, что помогает пользователям освоить её функционал. Интеграция с финансовыми учреждениями добавляет удобства, однако платная модель использования, возможные технические ограничения, влияющие на доступность оплаты, и сложности в освоении для начинающих пользователей могут стать препятствием. В целом, CoinKeeper эффективен для тех, кто готов инвестировать время и средства в освоение инструмента, но его платная модель может выступать фактором, ограничивающим его применение среди части аудитории.

Приложение Money Manager представляет собой платформу, отличающуюся фокусом на инвестициях и долгосрочном финансовом планировании. Она помогает отслеживать инвестиционные активы, оценивать их доходность и проектировать пенсионные накопления, предлагая пользователям расширенные функции для управления инвестициями. Бесплатный доступ к базовым инструментам и подробная аналитика с графическим представлением данных делают её привлекательной для определённой аудитории. Однако интеграция с российскими банками отсутствует, а поддержка функций бюджетирования минимальна, что ограничивает её применение для повседневного учета. Дополнительные платные услуги, включая консультации, также требуют финансовых вложений. Таким образом, система подходит для инвесторов, но не отвечает потребностям тех, кто сосредоточен на регулярном контроле расходов.

Для более массовой аудитории разработано ещё одно решение – EasyFinance. Эта система позволяет фиксировать операции, планировать бюджет и получать советы по экономии, поддерживая интеграцию с банками, такими как Сбербанк, Альфа-Банк и другими. Удобство и простота интерфейса, совместимость с банковскими учреждениями и бесплатный базовый функционал делают её доступной для широкого круга пользователей. Тем не менее отсутствие инструментов прогнозирования и платные опции для расширенных возможностей ограничивают её потенциал. EasyFinance больше подходит для новичков, но не будет соответствовать всем требованиям тех, кто нуждается в сложных финансовых расчетах.

Среди информационных систем, сочетающих учет и прогнозирование финансов, выделяется Toshl Finance. Эта платформа позволяет импортировать данные, генерировать аналитические отчеты и строить прогнозы с использованием шаблонов, обеспечивая высокую степень настройки отчетов и прогнозов. Детализированная визуализация данных делает её удобной для анализа, однако интеграция с российскими банками не реализована, что может затруднить работу для пользователей, привыкших к автоматической синхронизации. Платный доступ и необходимость технических навыков для эффективного использования системы требуют определённых вложений и подготовки. Таким образом, Toshl Finance привлекает гибкостью, но подходит не всем из-за своих особенностей.

Wallet by BudgetBakers представляет собой ещё одну АИС, объединяющую учет и прогнозирование. Она предоставляет инструменты для мониторинга финансов, планирования бюджета и предсказания будущих операций, поддерживая синхронизацию с российскими банками. Простота и удобство интерфейса, интеграция и наглядные отчёты с аналитикой обеспечивают сбалансированное решение для пользователей. Однако платная подписка и ограниченные возможности кастомизации снижают её гибкость по сравнению с более продвинутыми системами. Wallet обеспечивает удобный интерфейс, но уступает в адаптивности другим инструментам.

Анализ представленных систем позволяет выявить ряд общих характеристик и тенденций. Большинство платформ, за исключением Money Manager и Toshl Finance, поддерживают автоматическую синхронизацию с банками из России, что значительно упрощает процесс учета и делает их удобными для пользователей, привыкших к интеграции с финансовыми учреждениями. Направленность систем различна: Дзен-мани и EasyFinance демонстрируют сильные стороны в повседневном учете, CoinKeeper выделяется в области бюджетирования, Money Manager ориентирован на управление инвестициями, тогда как Toshl Finance и Wallet фокусируются на прогнозировании финансовых потоков. Ценовая политика варьируется, предоставляя пользователям выбор между бесплатными решениями, такими как Дзен-мани, и платными вариантами, такими как CoinKeeper и Wallet, что позволяет адаптировать выбор под индивидуальный бюджет. Удобство использования также играет важную роль: EasyFinance и Wallet выигрывают за счёт простоты интерфейса, в то время как CoinKeeper и Toshl Finance требуют больше усилий для освоения, что может повлиять на их восприятие новичками. Наконец, настраиваемость выделяет Toshl Finance как систему, способную адаптироваться под индивидуальные нужды, что делает её уникальной в сравнении с другими платформами.

Сравнительный анализ перечисленных систем представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем учёта и прогнозирования финансов

Система	Интеграция с российскими банками	Доступность	Прогнозирование	Особенности
Дзен-мани	Да	Бесплатно	Нет	Советы по экономии
CoinKeeper	Да	Платно	Нет	Обучающие ресурсы
Money Manager	Нет	Частично, есть платный контент	Да, для инвестиций	Анализ инвестиций
EasyFinance	Да	Частично, есть платный контент	Нет	Простота интерфейса
Toshl Finance	Нет	Платно	Да	Гибкие отчеты
Wallet	Да	Платно	Да	Прогноз бюджетов

Анализ современных автоматизированных информационных систем для учета и прогнозирования личных финансов выявил их функциональное разнообразие и адаптацию к различным потребностям пользователей. Платформы вроде ZenMoney и EasyFinance демонстрируют эффективность в базовом учете благодаря интеграции с российскими банками, тогда как CoinKeeper и Wallet ориентированы на продвинутые задачи – бюджетирование и прогнозирование.

Ключевыми критериями выбора системы остаются: интеграция с финансовыми институтами, наличие инструментов прогнозирования и ценовая политика. Несмотря на технологические преимущества, эффективность АИС зависит от финансовой грамотности пользователей, а их функционал требует дальнейшего развития, особенно в части долгосрочного прогнозирования и адаптации к международным стандартам.

Результаты исследования могут служить основой для улучшения существующих решений и разработки новых fintech-инструментов, учитывающих поведенческие аспекты управления финансами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рожкова П.В., Лялькова Е.Е. Цифровизация банковского сектора [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68625422> (дата обращения: 04 апр. 2025). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Масленников В.В., Федотова М.А., Сорокин А.Н. Новые финансовые технологии меняют наш мир [Электронный ресурс]. URL: https://financetp.fa.ru/jour/article/view/337?locale=ru_RU (дата обращения: 04 апр. 2025). Режим доступа: для всех пользователей.
3. Ковалева Г.С. Финансовая грамотность как составляющая функциональной грамотности: международный контекст [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/finansovaya-gramotnost-kak-sostavlyayuschaya-funktsionalnoy-gramotnosti-mezhdunarodnyy-kontekst> (дата обращения: 04 апр. 2025). Режим доступа: для всех пользователей.

Головков Игорь Евгеньевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1559736@bsu.edu.ru

УДК 004.852:519.233

*Научный руководитель:
Великая Яна Геннадьевна,
доцент кафедры математического
и программного обеспечения информационных систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

М.Ю. ГОЛОЩАПОВ
M.Y. GOLOSHCHAPOV

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ COMPARATIVE ANALYSIS OF LINEAR REGRESSION ALGORITHMS

В данной статье сравниваются алгоритм линейной регрессии, встроенный в библиотеку Scikit-learn, и его альтернативная реализация.

Ключевые слова: машинное обучение, линейная регрессия, scikit-learn.

This paper compares the linear regression algorithm built into the Scikit-learn library and its alternative implementation.

Keywords: machine learning, linear regression, scikit-learn.

Машинное обучение представляет собой направление искусственного интеллекта, изучающее методы решения задач на основе выявления закономерностей в исходных данных. Эти закономерности определяются при помощи алгоритмов и моделей, основанных на вычислительных и статистических подходах. Ключевая особенность машинного обучения заключается в том, что построенные модели не используют чётко заданную инструкцию для получения результата, а самостоятельно «обучаются» на данных.

Применение данной технологии особенно актуально при работе с большими объемами информации, анализ которой становится невозможным с использованием традиционных аналитических методов. Таким образом, применение алгоритмов машинного обучения в рамках прикладных задач включает в себя три базовых элемента: вычислительную среду, осуществляющую выполнение алгоритма, обширный набор исходных данных, а также математическую модель, способную выявлять взаимосвязи в этих данных для генерации нужных результатов. При этом модели чаще всего работают по принципу «черного ящика», когда внутренние механизмы принятия решений остаются неочевидными для пользователя.

Сегодня машинное обучение активно используется крупными компаниями, обладающими значительными объемами данных. Это позволяет им повышать эффективность бизнес-процессов, внедрять интеллектуальные решения и справляться со сложными задачами. Область применения этой технологии весьма широка – от промышленности и финансов до торговли, медицины, маркетинга и государственного управления.

Алгоритмы машинного обучения принято классифицировать на две основные категории в зависимости от метода обучения и требуемого результата: обучение с учителем; обучение без учителя.

Алгоритмы первого типа применяются тогда, когда данные включают как признаки, так и заранее известные результаты. Цель – построение модели, способной установить зависимость между признаками и результатами, чтобы впоследствии делать прогнозы для новых объектов. Корректность таких прогнозов оценивается с использованием специальных метрик, например, средней ошибки. Задачи, решаемые с помощью таких алгоритмов, включают в себя классификацию, регрессию, прогнозирование и ранжирование.

Вторая категория алгоритмов ориентирована на задачи, где известны только входные признаки, но отсутствуют заранее определённые ответы. Основная цель – выявление внутренних закономерностей и структур в самих данных. В этом случае невозможно однозначно оценить точность модели, поскольку отсутствуют эталонные результаты. Такие методы находят применение в задачах кластеризации, снижения размерности, обнаружения выбросов и аномалий, восстановления пропущенных данных, а также в построении ассоциативных правил, например, для рекомендаций товаров или анализа текстов.

Следует отметить, что алгоритмы с учителем требуют размеченного набора данных, что далеко не всегда осуществимо при работе с большим количеством объектов. Алгоритмы без учителя не требуют таких аннотаций, однако это сопровождается невозможностью строгой оценки точности результатов, что компенсируется большей гибкостью и универсальностью.

Помимо указанных методов, также существуют другие направления, такие как обучение с подкреплением и искусственные нейронные сети. Однако в рамках данной работы они рассмотрены не будут.

Целью данной работы является сравнительный анализ точности и вычислительной эффективности двух реализаций алгоритма *Ridge*-регрессии: собственной (самописной) реализации, основанной на точном решении системы линейных уравнений, и библиотеки *scikit-learn*, использующей итерационный метод оптимизации на основе стохастического градиентного спуска.

В ходе исследования был решен ряд задач.

Был реализован алгоритм *Ridge*-регрессии на языке *Python*, решающий аналитически систему линейных уравнений. Затем результаты, выдаваемые алгоритмом, сравнивались с результатами алгоритма *Ridge*, встроенного в библиотеку *sklearn*. Алгоритм *Ridge* запускался с параметрами $\alpha=1.0$ и $\text{solver}='sag'$, то есть с использованием итерационного численного метода: стохастического градиентного спуска, *SAG (Stochastic Average Gradient)* [1].

Параметр α это коэффициент регуляризации. Выбор именно итерационного метода ($\text{solver}='sag'$) в библиотечном алгоритме обусловлен тем, что сравнение двух точных аналитических решений не представляет интереса: при корректной реализации результат должен быть идентичным. Напротив, итерационные методы могут давать аппроксимацию решения с разной точностью и скоростью сходимости, что и является предметом анализа в данной работе.

Сравнение работы алгоритмов проводилось с использованием метрик: среднеквадратичной ошибки (*MSE*) и коэффициента детерминации (R^2 *score*). Вычислительный эксперимент проводился на четырех наборах данных из библиотеки *Scikit-learn*, подготовленных для задачи линейной регрессии: *Diabetes*, *Linnerud*, *Boston Housing*, *California Housing* [2-5].

В качестве среды разработки для экспериментов использовался язык *Python*, с библиотеками *numpy*, *pandas*, *matplotlib* и *scikit-learn*. Для каждой из четырех задач регрессии (датасеты: *Diabetes*, *Linnerud*, *California Housing*, *Boston Housing*) проводилась одна и та же последовательность действий. Сначала датасет загружался из библиотеки *scikit-learn*, затем признаки отделялись от целевой переменной, признаки разбивались на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80/20. Далее обучающая выборка использовалась для обучения алгоритма самописной *Ridge*-регрессии и для обучения алгоритма *Ridge*, из библиотеки *Scikit-learn*. Стоит отметить, что самописная *Ridge*-регрессия находит аналитическое решение матричного уравнения

$$(X^T X + \alpha I)w = X^T y,$$

где X – матрица «объекты-признаки», I – единичная матрица, α – коэффициент регуляризации, w – вектор весовых коэффициентов, y – вектор правильных ответов.

В листинге 1 приведен программный код самостоятельной реализации алгоритма *Ridge*-регрессии.

Листинг 1. Класс самописной Ridge-регрессии

```
class MyRidgeRegression:
    def __init__(self, alpha=1.0, fit_intercept=True):
        self.alpha = alpha
        self.fit_intercept = fit_intercept
        self.coef_ = None
        self.intercept_ = None

    def fit(self, X, y):
        X = np.array(X)
        y = np.array(y)

        if y.ndim == 1:
            y = y.reshape(-1, 1)

        if self.fit_intercept:
            self.X_mean_ = np.mean(X, axis=0)
            self.y_mean_ = np.mean(y, axis=0)
            X_centered = X - self.X_mean_
            y_centered = y - self.y_mean_

        else:
            X_centered = X
            y_centered = y

        n_samples, n_features = X_centered.shape
        n_targets = y_centered.shape[1]
        if self.fit_intercept:
            self.intercept_ = self.y_mean_ - np.dot(self.X_mean_, self.coef_)
        else:
            self.intercept_ = np.zeros((y.shape[1],))
        return self

    def predict(self, X):
        X = np.array(X)
        return np.dot(X, self.coef_) + self.intercept_
```

Конец Листинга 1.

После обучения алгоритмов, использовалась тестовая выборка, на которой измерялись метрики качества работы алгоритмов. Полученные результаты значений метрик приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение качества моделей на исходных данных

Датасет	<i>MSE (sklearn)</i>	<i>R² (sklearn)</i>	<i>MSE (custom)</i>	<i>R² (custom)</i>
<i>Diabetes</i>	3 379.42	0.34	3 379.41	0.34
<i>Linnerud</i>	433.32	−1.18	437.58	−1.18
<i>California Housing</i>	1.22	0.06	0.53	0.59
<i>Boston Housing</i>	38.19	0.53	34.23	0.58

По результатам, приведенным в таблице 1, видно, что для датасетов *Diabetes* и *Linnerud*, обе реализации демонстрируют практически идентичные результаты. На датасете *California Housing* самописная модель дает заметно лучшее значение MSE и R^2 , что указывает на более стабильное решение при небольших числах признаков.

Для *Boston Housing* самописная реализация также превосходит библиотечную по обоим метрикам.

На рисунке 1 пунктирной линией показана «идеальная прямая», для точек которой, ответ, предсказанный алгоритмом, совпадает с правильным ответом. Голубым маркером отмечены точки, соответствующие предсказаниям алгоритма *Ridge*, библиотеки *Scikit-learn*, а красными крестиками – алгоритма собственной *Ridge*-регрессии.

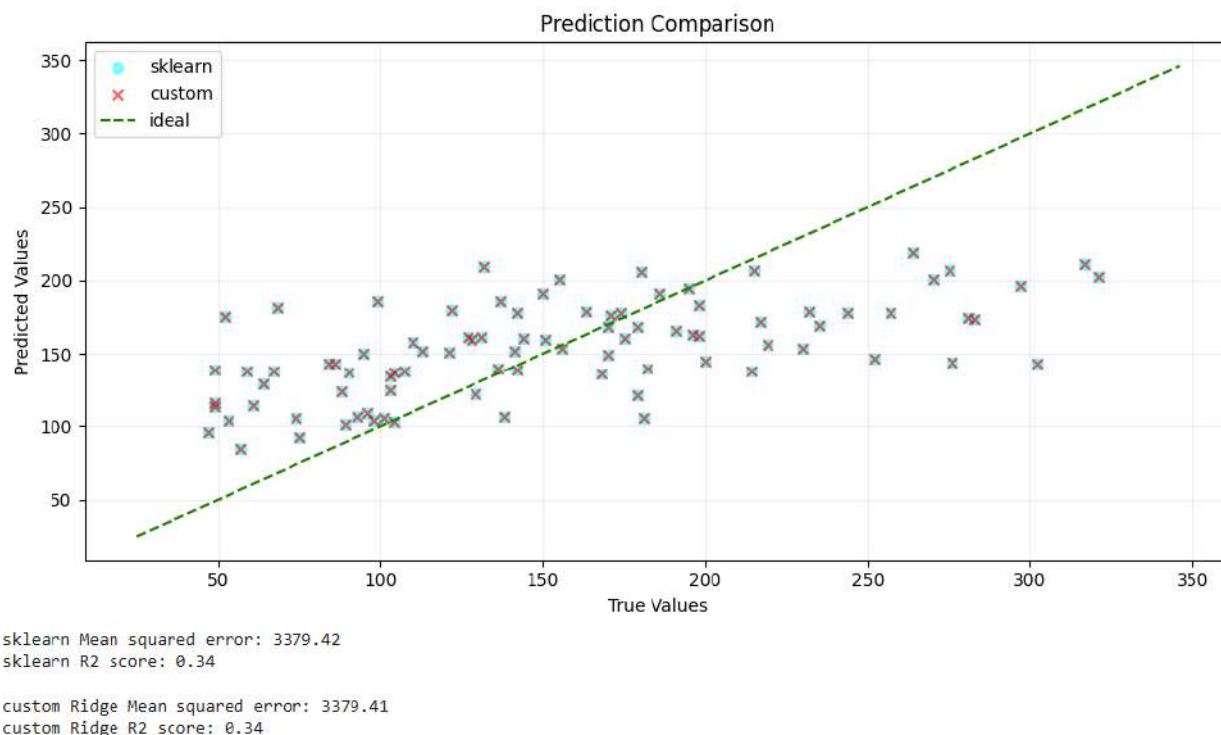


Рисунок 1 – График для датасета *Diabetes*

В данной работе проведено сравнение самописной аналитической реализации алгоритма *Ridge*-регрессии и библиотечной реализации *sklearn.Ridge(alpha=1.0, solver='sag')* на четырех наборах данных (*Diabetes*, *Linnerud*, *California Housing* и *Boston Housing*). На датасетах *Diabetes* и *Linnerud* обе версии продемонстрировали практически идентичные значения MSE и коэффициента детерминации R^2 , что подтверждает корректность аналитического решения и эквивалентность подходов при умеренном числе признаков. В то же время на выборках *California Housing* и *Boston Housing* самописная модель показала более низкие значения MSE и более высокие R^2 , указывая на её повышенную устойчивость к структуре данных в этих задачах.

Следует отметить, что аналитический метод оказывается предпочтительным при необходимости получения максимально точных аппроксимаций на выборках среднего размера, тогда как итерационный алгоритм с *solver='sag'* из *scikit-learn* обеспечивает большую гибкость при настройке гиперпараметров и адаптацию к разным типам данных. Выбор между этими реализациями *Ridge*-регрессии должен основываться на требуемом уровне точности и особенностях конкретной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Scikit-learn developers. Ridge: `sklearn.linear_model.Ridge` [Электронный ресурс] // Scikit-learn: Machine Learning in Python. – Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.Ridge.html – Загл. с экрана – Дата обращения: 14.04.2025
2. Scikit-learn developers. load_diabetes: `sklearn.datasets.load_diabetes` [Электронный ресурс] // Scikit-learn: Machine Learning in Python. – Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.datasets.load_diabetes.html – Загл. с экрана – Дата обращения: 15.04.2025
3. Scikit-learn developers. load_linnerud: `sklearn.datasets.load_linnerud` [Электронный ресурс] // Scikit-learn: Machine Learning in Python. – Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.datasets.load_linnerud.html – Загл. с экрана – Дата обращения: 16.04.2025
4. Scikit-learn developers. fetch_california_housing: `sklearn.datasets.fetch_california_housing` [Электронный ресурс] // Scikit-learn: Machine Learning in Python. – Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.datasets.fetch_california_housing.html – Загл. с экрана – Дата обращения: 17.04.2025
5. Scikit-learn developers. load_boston: `sklearn.datasets.load_boston` [Электронный ресурс] // Scikit-learn: Machine Learning in Python. – Режим доступа: https://scikit-learn.org/1.0/modules/generated/sklearn.datasets.load_boston.html – Загл. с экрана – Дата обращения: 18.04.2025

Голощанов Матвей Юрьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем

E-mail: matwei.gol@yandex.ru

УДК 004.89

*Научный руководитель:
Ильинская Елена Владимировна,
доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Е.Н. ГОЛЫШЕВА
E.N. GOLYSHEVA

ИНСТРУМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОФИСНЫХ РАБОТНИКОВ ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS FOR OFFICE WORKERS

В статье освещается проблема внедрения искусственного интеллекта в офисную среду. Рассматриваются ИИ-инструменты, которые предназначены для автоматизации рутинных задач, повышения продуктивности и улучшения бизнес-процессов. Анализируются их преимущества и недостатки, включая влияние на сотрудников. Особое внимание уделено адаптации технологий в современных компаниях.

Ключевые слова: искусственный интеллект; ИИ-инструменты; автоматизация; офисная работа; технологии.

The article highlights the problem of introducing artificial intelligence into the office environment. We consider AI tools that are designed to automate routine tasks, increase productivity, and improve business processes. Their advantages and disadvantages are analyzed, including their impact on employees. Special attention is paid to technology adaptation in modern companies.

Keywords: artificial intelligence; AI tools; automation; office work; technology.

Современные офисные сотрудники сталкиваются с рядом сложных и трудоемких задач, включая обработку данных, составление отчетов, коммуникацию и управление проектами. В условиях растущей нагрузки на рабочие процессы искусственный интеллект (ИИ) предлагает инновационные инструменты, которые способны значительно облегчить эти задачи, повысить эффективность и сократить количество ошибок. ИИ-технологии активно внедряются в корпоративную среду, и многие компании уже использовали их для автоматизации рутинных задач, улучшения взаимодействия с коллегами, снижения нагрузки на сотрудников и повышения общей продуктивности в целом.

ИИ-решения уже сегодня меняют подход к работе с документами, планированию встреч, анализу информации и даже принятию решений. В этой статье рассматриваются инструменты на основе искусственного интеллекта, которые могут значительно упростить работу офисных специалистов, сэкономить время и минимизировать ошибки.

Однако существуют и проблемы, такие как неспособность ИИ учитывать гибкость и сложность рабочих процессов, а также дополнительная нагрузка, связанная с необходимостью обучаться новому инструменту. Некоторые сотрудники выражают обеспокоенность по поводу конфиденциальности данных, которые могут использоваться третьими сторонами, что снижает уровень доверия к системе [1].

Тем не менее, несмотря на эти проблемы, ИИ имеет огромный потенциал для улучшения рабочих процессов. Некоторые организации уже внедряют адаптивные системы ИИ, которые учитывают специфику и уникальные требования различных отделов, чтобы создать более персонализированный и эффективный опыт для сотрудников.

Ниже представлен детальный разбор шести ИИ-инструментов, которые могут быть полезны компаниям в различных сферах.

Одним из самых популярных инструментов является ROBIN – платформа для роботизации бизнес-процессов (RPA). Она ориентирована на автоматизацию рутинных

задач, таких как заполнение таблиц, обработка документов, генерация отчетов и выполнение операций по заранее определенным алгоритмам. ROBIN активно используется в бухгалтерии, где она помогает в расчетах заработной платы и обработке финансовой документации, а также в юридических отделах для анализа контрактов и документов. Основное преимущество ROBIN заключается в том, что платформа работает без участия человека круглосуточно, обеспечивая высокую точность и скорость обработки данных. Однако стоит отметить, что для работы с нестандартными задачами ROBIN менее гибка, а ее настройка требует значительных усилий от специалистов [2].

Следующим важнейшим инструментом для офисных сотрудников является Rewatch AI, система, которая предназначена для автоматизации работы с рабочими встречами и управления информацией, полученной в ходе обсуждений. Этот инструмент автоматически записывает, переводит речь в текст и суммирует содержание онлайн-обсуждений, что позволяет сэкономить время и избежать потери важной информации. В условиях гибридной и удаленной работы, когда физическое присутствие на встречах невозможно данная система становится особенно полезной. Она помогает участникам встреч сосредоточиться на обсуждении ключевых вопросов, не отвлекаясь на запись важных моментов. Однако качество перевода речи в текст зависит от уровня аудиозаписи, что может потребовать дополнительных устройств, таких как микрофоны или системы шумоподавления [3].

Для отделов продаж и аналитики полезным инструментом является Tome, платформа для анализа данных о продажах и прогнозирования на основе информации о взаимодействии с клиентами. Tome использует искусственный интеллект для обработки записей звонков, выявления ключевых тенденций и формирования визуализации данных в виде диаграмм и графиков. Инструмент интегрируется с популярными CRM-системами (customer relationship management), что позволяет значительно упростить создание отчетов и оперативно корректировать стратегию продаж. Платформа помогает выявлять закономерности, которые могли бы остаться незамеченными при ручном анализе, что особенно важно для быстрого реагирования на изменения в рыночной ситуации. Тем не менее, Tome имеет ограничения в плане кастомизации отчетов, что может быть неудобно для компаний с уникальными бизнес-моделями [4].

В сфере контент-маркетинга особенно востребован Jasper – платформа для генерации текстового контента с использованием искусственного интеллекта. Jasper помогает создавать качественные статьи, рекламные тексты, пресс-релизы и электронные письма на основе введенных данных. Этот инструмент особенно популярен среди маркетинговых и PR-отделов, где требуется быстрое создание большого объема текстов. Jasper поддерживает более 25 языков и предлагает свыше 50 шаблонов для различных типов контента, что делает его универсальным для разных нужд. Основное преимущество платформы – высокая скорость работы, при этом генерация длинных текстов (до 1500 слов) занимает около 15 минут. Однако, несмотря на продвинутые алгоритмы, качество создаваемых текстов иногда требует доработки, особенно если речь идет о сложных или специализированных темах [5].

Для создания презентаций с различными стилями и структурами можно воспользоваться Plus AI. Он интегрируется с PowerPoint и Google Slides, однако не все элементы доступны, например, графики и анимация недоступны. Plus AI создает логически структурированные презентации на основе введенного текста с различным выбором стилей. Инструмент полезен для маркетологов и аналитиков, которым нужно быстро подготовить презентацию для выступления. Однако не стоит забывать, что это генератор, поэтому без человеческой доработки и правки не обойтись, так как алгоритм плохо разбирается в сложных и нестандартных темах [6].

Еще одним полезным инструментом является Fireflies.ai, виртуальный помощник для бизнес-встреч, который автоматически записывает, переводит речь в текст и анализирует голосовые разговоры. Этот инструмент фиксирует диалоги онлайн встреч, превращает их в текст и позволяет искать ключевые моменты по ключевым словам.

Fireflies.ai особенно полезен для улучшения коммуникаций, так как он интегрируется с календарями и CRM-системами, упрощая управление деловой перепиской и отчетностью. Важным преимуществом является возможность создания автоматических конспектов встреч, что сокращает время на ручную обработку информации. Однако качество перевода речи в текст зависит от качества аудиозаписи, поэтому для точных результатов рекомендуется использовать профессиональное оборудование [7].

Из этого следует, что для успешной работы и экономии времени следует правильно подбирать инструменты искусственного интеллекта, которые будут соответствовать нуждам сотрудникам в полной мере. В таблице 1 представлен сравнительный анализ шести ИИ-инструментов, которые помогают повысить эффективность работы в различных областях, например, в автоматизации рутинных процессов, аналитики и так далее.

Таблица 1 – Сравнительный анализ инструментов искусственного интеллекта

Инструмент	Доступность	Основные функции	Сферы применения	Преимущества	Недостатки	Поддерживаемые языки
ROBIN	Платно	Автоматизация рутинных бизнес-процессов Заполнение таблиц, обработка документов, расчет зарплат, анализ контрактов	Бухгалтерия, юриспруденция, документооборот	Высокая точность выполнения задач Работает круглосуточно без участия человека Высокая скорость обработки задач	Ограниченная гибкость при обработке нестандартных задач Требуется значительных затрат на настройку и поддержку	Русский
Rewatch AI	Бесплатно	Запись, перевод речи в текст, анализ рабочих встреч Суммирование обсуждений и ключевых моментов для ускорения принятия решений	Удаленные команды, бизнес-встречи	Автоматическая запись и перевод речи в текст на встречах Экономит время сотрудников на записи и анализе встреч Упрощает работу с важной информацией, снижая вероятность потери данных	Зависимость качества перевода речи в текст от качества записи	Английский
Tome	Платно (есть пробная версия)	Анализ звонков, взаимодействий с клиентами Визуализация данных в виде диаграмм и графиков Прогнозирование продаж	CRM-аналитика, отделы продаж	Анализ данных о продажах и прогнозировании Выявляет ключевые тенденции и закономерности в данных Экономит время на ручной обработке данных	Ограничения кастомизации отчетов	Английский
Jasper	Платно (есть пробная версия)	Генерация текстов (статьи, письма) Автоматизация контент-маркетинга	Маркетинг, PR, СМИ	Быстрая генерация текстов	Генерируемые тексты могут требовать дополнительного редактирования и проверки	Русский
Plus AI	Бесплатно	Генерация презентаций на основе текста Интеграция с PowerPoint и Google Slides Создание структуры слайдов и автоматическое оформление	Маркетинг, аналитика, менеджмент	Автоматическая генерация презентаций Быстрая подготовка слайдов, экономит время	Требуется доработки вручную	Русский

Продолжение таблицы 1

Fireflies.ai	Платно (есть пробная версия)	Автоматическое создание конспектов встреч Поиск в тексте по ключевым словам	Бизнес-коммуникации, переговоры, управление командами	Запись перевода речи в текст и анализ голосовых разговоров Упрощает работу с деловыми переговорами	Качество перевода речи в текст зависит от качества записи	Русский

У всех описанных инструментов есть различные возможности, позволяющие сэкономить время, повысить продуктивность и улучшить качество работы.

Таким образом, рассмотренные инструменты ИИ предлагают различные возможности: от автоматизации рутинных задач и генерации презентаций до анализа данных. Однако, главное правильно подобрать инструмент, который подходит под нужды компании или отдела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокие технологии. – URL: <https://hi-tech.mail.ru/news/120576-kak-ofisnye-sotrudniki-otnosyatsya-k-ii-pomoshnikam-novoe-issledovanie/> (дата обращения: 01.04.2025). – Текст: электронный.

2. ROBIN: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://rpa-robin.ru/> (дата обращения: 04.04.2025). – Текст: электронный.

3. Rewatch AI Meeting Assistant: официальный сайт. - URL: <https://marketplace.zoom.us/apps/i37IUeyETrewUf3pw7v1DA> (дата обращения: 02.04.2025). – Текст: электронный.

4. Tome: официальный сайт. - URL: (дата обращения: 01.04.2025). – Текст: электронный.

5. Jasper: официальный сайт. - URL: <https://www.jasper.ai/> (дата обращения: 04.04.2025). – Текст: электронный.

6. Plus AI: официальный сайт. - URL: <https://plusai.com/> (дата обращения: 02.04.2025). – Текст: электронный.

7. Fireflies.ai: официальный сайт. - URL: <https://fireflies.ai/> (дата обращения: 05.04.2025). – Текст: электронный.

Голышева Елизавета Николаевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1723779@bsuedu.ru

*Научный руководитель:
Маторин Сергей Игоревич,
профессор, профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ», Белгород*

Ю.В. ДМИТРИЕВА
YU.V. DMITRIEVA

РОЛЬ И ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

THE ROLE AND PRINCIPLES OF THE SYSTEM APPROACH WHEN MODELING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES

В данной статье охарактеризована ключевая роль системного подхода, которая заключается в том, что он позволяет эффективно анализировать, понимать и решать сложные проблемы и явления организационных и технологических процессов. В статье обозначена взаимосвязь системных исследований и системного подхода, рассмотрена характеристика термина «системный подход», обозначены особенности применения системного подхода при моделировании организационных и технологических процессов и перечислены принципы системного подхода, поскольку именно принципы системного подхода положены в основу его применения и позволяют учитывать особенности и взаимосвязи элементов системы. Принципы системного подхода служат основой для разработки методов и инструментов системного анализа, которые позволяют более глубоко понимать и эффективно управлять сложными системами.

Ключевые слова: моделирование, системные исследования, системный подход.

This article describes the key role of the system approach, which is that it allows you to effectively analyze, understand and solve complex problems and phenomena of organizational and technological processes. The article outlines the relationship between system research and the system approach, examines the characteristics of the term "system approach", outlines the specifics of using the system approach in modeling organizational and technological processes, and lists the principles of the system approach, since it is the principles of the system approach that form the basis for its application and allow taking into account the features and interrelationships of system elements. The principles of the systems approach serve as the basis for the development of methods and tools of system analysis that allow for a deeper understanding and effective management of complex systems.

Keywords: modeling, system research, system approach.

В настоящее время моделирование считается крайне необходимым для решения основных задач исследования организационных и технологических процессов. В общем понимании модель – это представление объекта или процесса, которое отражает влияние основных факторов, необходимых для их рассмотрения. В то время как моделирование предполагает исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей. Моделирование и системный подход неразрывно связаны друг с другом, поскольку за счет взаимосвязи системных исследований в процессе проектирования.

Системные исследования представляют собой междисциплинарный подход к изучению сложных систем, включающих в себя такие области, как системный анализ, системная инженерия, системная динамика, теория управления, кибернетика и другие. Они основаны на представлении системы как целого, состоящего из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов.

Главная задача системных исследований заключается в анализе и понимании особенностей и свойств системы в целом, а также выявлении и описании их внутренних взаимосвязей и взаимодействий. Системные исследования помогают улучшить понимание и прогнозирование поведения систем, а также разрабатывать методы оптимизации и улучшения их функционирования.

Основные принципы системных исследований включают:

- изучение системы в контексте ее окружения и взаимодействий с ним;
- рассмотрение системы как открытой и динамической, способной изменяться и адаптироваться к изменяющимся условиям;
- анализ системы на макро и микроуровнях, обращение внимания на взаимосвязи и взаимодействия элементов;
- моделирование системы и использование математических и компьютерных методов для анализа и прогнозирования ее поведения.

Исследование объекта, как к системе, при котором выделены связи как внутренние, так и внешние в значительной мере влияют на результаты функционирования. Цели элементов системы формулируются исходя из общего предназначения объекта, что в совокупности рассматривается в качестве системного подхода.

Поскольку системный подход ориентирован на исследование каждого компонента системы и его взаимодействия с другими компонентами организационных и технологических процессов, то не заставят себя долго ждать изменения, которые будут происходить в системе в результате совершенствования отдельных её звеньев, при этом выявляя специфические системные (эмерджентные) свойства и осуществляя обоснованные прогнозы относительно закономерностей развития системы и определения оптимального режима ее функционирования.

Системный подход рассматривается как один из наиболее эффективных методов познания, методологией и фактором формирования системного мышления (рис. 1) [7].



Рисунок 1 – Общее представление системного подхода

В современном мире информационное общество взаимодействует с системами, чему собственно и способствует системный подход. В данном случае именно системный подход рассматривает различные типы систем, в том числе организационных и технологических процессов, в качестве целостных и комплексных сущностей, предоставляющих средства и методы для их детального анализа, понимания и управления.

Субстанция системного подхода ориентирована на понимание объектов и явлений как систем, которые состоят из взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов. Стоит отметить, что задачами системного подхода является исследование специфических связей, установление закономерностей, присущих отдельным типам систем, разработка на этой основе определенных методов их описания и изучения.

Однако системный подход не стоит рассматривать в виде отдельной теоретической или методологической концепции, поскольку он выполняет отдельные эмпирические функции, которые ориентированы на конкретные исследования.

В свою очередь, принципы системного подхода устанавливают соответствие между субъективной деятельностью и требованиями объективных законов. На рисунке 2 перечислены принципы системного подхода, которые лежат в его основе по мнению австрийского биолога Карла Людвиг фон Берталанфи [1].



Рисунок 2 – Принципы системного подхода по мнению Л. Берталанфи

Принципы системного подхода, указанные на рисунке 2 формируют основу системного подхода и помогают рассматривать систему как единое целое, взаимодействующее с окружающей средой и выполняющее определенные функции, и задачи.

Системный подход предлагает комплексный взгляд на объект и позволяет обнаружить ключевые факторы, оказывающие влияние на его функционирование и достижение целей, что помогает принять более взвешенные решения и улучшить работу объекта в целом.

В современном мире системный подход представлен как отдельно частнометодологическая концепция, которая направлена на формулирование методов исследования и моделирования систем различного рода и типа классов в систематическом виде [6].

Явные изменения, произошедшие при определении научных принципов, подходов и обусловленные постоянным и непрерывным ростом научного знания можно наблюдать при переходе науки от аналитического этапа развития к современному. Совершенствование концепции системного подхода определено коллективом авторов (С.И. Маториным, А.Г. Жихаревым, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцевым, А.А. Кондратенко), которые выделяют основополагающие диалектические принципы (рис. 3) [8].



Рисунок 3 – Принципы современного системного подхода

Эффективность и перспективность методологии в применении организационных и технологических процессов выстраивается посредством участия принципов современного системного подхода.

Таким образом, применение системного подхода в моделировании организационных и технологических процессов ориентировано на улучшение понимания и анализ сложных систем, а также оптимизацию системных процессов. Данный факт актуален в современном мире, в особенности, где многие явления и проблемы представляют собой сложные системы, требующие комплексного подхода для их анализа и решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берталанфи Л. Общая теория систем: критический обзор. В сборнике переводов Исследования по общей теории систем. М.: – Прогресс, 1969. – 520 с. (с. 23 – 82).
2. Еременко-Клаузер А. В. Субъект и объект в качестве структурных элементов когнитивной системы сознания // Наука, техника и образование. 2014. – № 2 (2). – с. 74-76.
3. Малько А. В., Маркунин Р. С. Значение системного подхода в исследовании юридической ответственности органов публичной власти // Право. Журнал Высшей школы экономики. – 2019. – № 2. – с. 4-21
4. Овчаренко В.А. Механизм государственного управления национальной безопасностью: дис. ... д. наук по гос. упр. : 25.00.02 / Овчаренко Вячеслав Андреевич; Донецкий государственный ун-т государственного управления. – Донецк, 2012. – 395 с. (33)
5. Полещук И. А. Системный подход и понятие системы // Наука и образование сегодня. – 2015. – № 1. – с. 47-50.

6. Садовский В. Н. Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы и перспективы развития // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. 1979. – Издательство «Наука». Москва.: 1980. – С. 29-54.

7. Спивак В. М. Системный подход и системное мышление как универсальная компетенция специалиста и руководителя : монография / В. А. Спивак. – Чебоксары: Среда, 2022. – 136 с. ISBN 978-5-907561-59-5

8. Теория систем и системный анализ : учебник / А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко ; под ред. С.И. Маторина. – Москва : КНОРУС, 2021. – 456 с.

Дмитриева Юлия Викторовна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: uka506@mail.ru

УДК 004.422

Научный руководитель:
Гахова Нина Николаевна,
*доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

В.С. ДОРОХОВ
V.S. DOROKHOV

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕКУРСИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ШАХМАТНЫХ ЗАДАЧ С ОБРАБОТКОЙ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF RECURSIVE ALGORITHMS FOR SOLVING CHESS PROBLEMS WITH RANDOM NUMBER PROCESSING

В статье рассматривается применение рекурсивных алгоритмов для решения шахматных задач, связанных с расстановкой фигур на доске без взаимных угроз, а также представлена программная реализация на языке программирования C++, включающая консольное и оконное приложения. При разработке программного обеспечения были использованы методы обработки случайных чисел для генерации начальных состояний и оптимизации рекурсивных вычислений. Результаты проведенных экспериментов демонстрируют эффективность предложенного подхода и его потенциальную применимость в игровой индустрии и образовательном процессе.

Ключевые слова: рекурсия, шахматные задачи, C++, рекурсивные алгоритмы, случайные числа, комбинаторная оптимизация.

The article discusses the use of recursive algorithms to solve chess problems related to the placement of pieces on the board without mutual threats, and presents a software implementation in the C++ programming language, including console and windowed applications. When developing the software, random number processing methods were used to generate initial states and optimize recursive calculations. The results of the experiments demonstrate the effectiveness of the proposed approach and its potential applicability in the gaming industry and the educational process.

Keywords: recursion, chess problems, C++, recursive algorithms, random numbers, combinatorial optimization.

Современные тенденции в развитии компьютерных технологий демонстрируют устойчивый рост интереса к алгоритмическим методам решения сложных логических задач. Особую актуальность приобретают задачи, связанные с анализом игровых ситуаций и поиском оптимальных стратегий, где требуется эффективный перебор возможных комбинаций. Классические шахматные задачи о расстановке фигур без взаимных угроз представляют собой идеальную модель для исследования рекурсивных алгоритмов, так как сочетают в себе четкие правила и значительную комбинаторную сложность.

В рамках данного исследования рассматривается применение рекурсивных алгоритмов для решения задачи о расстановке N фигур на шахматной доске размером $N \times N$ таким образом, чтобы ни одна фигура не атаковала другую. Задача эффективного размещения шахматных фигур на доске без угроз представляет собой важную комбинаторную проблему, решаемую методами полного перебора и оптимизированных алгоритмов. Актуальность данной темы обусловлена важностью рекурсивного подхода как фундаментального метода для решения сложных экономических и игровых задач.

Алгоритмы могут быть применены в разработке шахматных программ и обучающих приложений. Рекурсия позволяет описывать повторяющиеся действия, что делает ее незаменимой при решении задач, требующих многократного применения одних и тех же операций.

Целью данной работы является разработка и реализация рекурсивных алгоритмов для решения шахматных задач с использованием языка программирования C++, а также анализ эффективности разработанных алгоритмов и возможностей их оптимизации.

Рекурсия – один из распространенных приемов в программировании, связанный с обращением функции к другим процедурам или функциям после выполнения входящих в ее состав операторов. В частности, функция или процедура может обратиться сама к себе непосредственно [1].

Рекурсивный вызов – это механизм, при котором функция обращается к самой себе с измененными параметрами, для повторного выполнения алгоритма, но с другими дополнительными параметрами. Одним из классических примеров рекурсивного представления числа является вычисление факториала [2].

В отличие от итерации, при которой определенные действия повторяются многократно без рекурсивных вызовов, рекурсия позволяет представить решение задачи в виде последовательности вызовов самой себя с уменьшающимися или упрощающимися параметрами.

Рекурсивные алгоритмы часто используются для упрощения записи программного кода за счет декомпозиции сложной задачи на более простые подзадачи. Благодаря данному делению программный код становится более наглядным и понятным для начинающего пользователя [3].

Рекурсивный метод построения функции основан на использовании условной конструкции if-else, где под if указывается базовый случай, а под else рекурсивный случай, что и будет тем самым условием, приостанавливающим работу рекурсии [4].

Начальные условия (базовый случай) – условия, которые не противоречат ситуации, когда результат работы функции может быть выполнен без использования дополнительных параметров.

Рекурсивные условия (рекурсивный случай) – условия, являющиеся усложненным вариантом рекурсивного выражения и включающие в себя определенную функцию от предыдущих значений входного параметра.

Любой алгоритм, реализованный с помощью циклов, может быть представлен в рекурсивной форме, и наоборот. Однако некорректная реализация рекурсии может привести к бесконечному циклу вызовов и переполнению стека. Для предотвращения этого необходимо, чтобы при каждом вызове функции аргумент изменялся в направлении базового случая, и чтобы в процедуре (функции) обязательно присутствовала нерекурсивная ветвь.

Несмотря на свою простоту и наглядность, рекурсивные алгоритмы часто оказываются менее эффективными по сравнению с итеративными аналогами из-за дополнительных затрат на вызов функций и выделение памяти под локальные переменные. При каждом рекурсивном вызове создаются новые переменные, которые хранятся в стеке.

В программировании различают два основных типа рекурсии: прямую и косвенную. При прямой рекурсии функция вызывает непосредственно саму себя, а при косвенной (взаимной) рекурсии несколько функций вызывают друг друга по цепочке.

Косвенная рекурсия крайне нежелательна, так как одна из процедур должна вызвать вторую еще не описанную ранее и получается замкнутый круг, который не изменится в случае перестановки местами этих функций, так как проблема симметрична. Решение данной проблемы заключается в простом объявлении второй процедуры перед вызовом, при этом не описывая ее тело [5].

Шахматы – это настольная логическая игра для двух игроков, в которой используются специальные фигуры на 64-клеточной доске. Шахматная доска представляет собой квадрат, состоящий из 8 строк и 8 столбцов, образующих 64 поля, попеременно окрашенных в светлый (белый) и темный (черный) цвета. Каждое поле имеет уникальную координату, определяющую его положение на доске.

В программной реализации шахматное поле может быть представлено в виде квадратной матрицы, состоящей из 8 строк и 8 столбцов. В общем случае рассматривается динамическая квадратная матрица размерностью $N \times N$, где N – четное число в диапазоне от 2 до 12.

Для каждой фигуры разработан уникальный алгоритм проверки допустимости хода:

- ферзь – проверка по горизонтали, вертикали и диагонали;
- ладья – проверка по горизонтали и вертикали;
- слон – проверка по диагонали;
- конь – проверка хода буквой «Г»;
- король – проверка соседних клеток.

В программной реализации расстановка N фигур на шахматной доске осуществляется с использованием рекурсивных функций. Для каждого из пяти типов фигур разработаны две функции: первая функция рекурсивно расставляет фигуры на доске, а вторая проверяет, находится ли данная фигура под угрозой.

После завершения работы рекурсивных алгоритмов и алгоритмов проверки полученные результаты передаются в функцию вывода. Функция вывода преобразует числовые значения, хранящиеся в двумерных массивах (где 0 означает пустое поле, а 1 – наличие фигуры), в символьное представление. Нули заменяются точками, а единицы – символами, обозначающими соответствующие фигуры. Данное представление делает решение задачи более наглядным и интуитивно понятным для пользователя.

Программная реализация алгоритма выполнена на языке программирования C++. Выбор данного языка обусловлен его эффективностью при работе с рекурсивными структурами и возможностями низкоуровневой оптимизации.

Архитектура решения включает три основных модуля:

- модуль инициализации, отвечающий за ввод параметров задачи;
- вычислительный модуль, реализующий рекурсивные алгоритмы расстановки фигур;
- модуль визуализации, обеспечивающий представление результатов в удобной форме.

Для каждой шахматной фигуры разработан алгоритм проверки допустимости хода, учитывающий особенности ее перемещения. Например, проверка допустимости позиции для ферзя включает анализ восьми направлений, тогда как для коня достаточно проверить восемь конкретных позиций относительно текущего местоположения.

Разработанное решение включает как консольное приложение для аналитической работы, так и графический интерфейс для наглядной демонстрации результатов.

Экспериментальные исследования проводились на наборах данных различной сложности. Для доски размером 4×4 с тремя ферзями было найдено 24 допустимых расстановки. На тестовом оборудовании (процессор Intel i5, 8 ГБ ОЗУ) программа демонстрирует стабильное время выполнения около 50 мс.

На рисунке 1 представлены результаты работы программы в оконном приложении при расстановке трех ферзей на шахматной доске с размерностью 4×4 , где символ «Q» обозначает позиции ферзей.

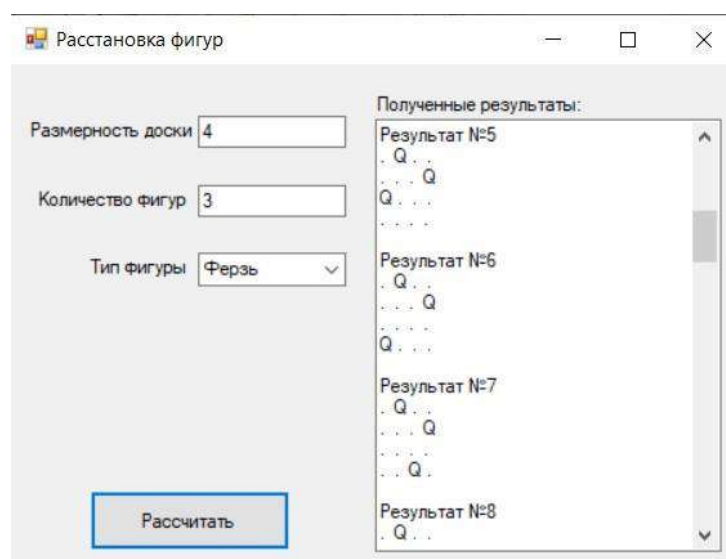


Рисунок 1 – Пример отображения результатов в оконном приложении

Для доски 6×6 с десятью слонами было найдено 64 допустимых расстановки.

Результаты работы программы в консольном приложении при расстановке десяти слонов на шахматной доске с размерностью 6×6 представлены на рисунке 2.

```

Выберите фигуру, которую необходимо найти в файле:
1) - Ферзь
2) - Ладья
3) - Слон
4) - Король
5) - Конь

Выбор фигуры пользователем: 3

Поиск в системе: В

Название фигуры: Слон
Обозначение: В
Выбор пользователя: 3
Размерность: 6x6
Количество фигур: 10
Количество результатов: 64

Количество найденных результатов: 1
  
```

Рисунок 2 – Пример отображения результатов в консольном приложении

При увеличении числа возможных комбинаций программа демонстрирует устойчивую производительность благодаря оптимизации рекурсивных вызовов.

Результаты работы программы сохраняются в файлы и отображаются в консоли в виде таблиц и списков. Оконное приложение обеспечивает наглядное графическое отображение расстановки фигур.

В ходе проведенного исследования была продемонстрирована эффективность применения рекурсивных алгоритмов для решения задач расстановки шахматных фигур. Разработанное программное обеспечение, реализованное на языке C++, включает в себя консольное и оконное приложения, позволяющие визуализировать результаты.

Результаты экспериментов подтверждают эффективность предложенного алгоритмического решения и демонстрируют его потенциал для использования в обучающих и исследовательских задачах, требующих перебора большого количества комбинаций. Разработанная программа может быть использована в образовательных целях для изучения принципов рекурсии и алгоритмизации, а также в качестве основы для создания более сложных игровых алгоритмов и систем искусственного интеллекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сундукова, Т.О. Структуры и алгоритмы компьютерной обработки данных: учебное пособие [Текст] / Т.О. Сундукова, Г.В. Ваныкина. – Москва: ИНТУИТ, 2016. – 805 с.
2. Афанасьев, В.В. Структуры данных и алгоритмы: учебно-методическое пособие [Текст] / В.В. Афанасьев, Е.И. Новиков, О.В. Тараканов. – Москва: РТУ МИРЭА, 2024. – 163 с.
3. Рубио-Санчес, М. Введение в рекурсивное программирование: руководство [Текст] / М. Рубио-Санчес; перевод с английского Е. А. Борисова. – Москва: ДМК Пресс, 2019. – 436 с.
4. Скворцова, Л.А. Структуры и алгоритмы обработки данных: учебное пособие [Текст] / Л.А. Скворцова, К.В. Гусев, А.С. Филатов. – Москва: РТУ МИРЭА, 2023. – 255 с.
5. Фоминых, Е.И. Инструментальное программное обеспечение: учебное пособие [Текст] / Е.И. Фоминых, Т.Е. Фоминых. – Минск: РИПО, 2022. – 410 с.

Дорохов Виктор Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1470666@bsuedu.ru

УДК 004.934.1

Научный руководитель:
Медведева Александра Александровна,
доцент кафедры информационно-
телекоммуникационных систем и технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

П.Е. ДОЦЕНКО
P.E. DOTSENKO

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ RESEARCH OF MATHEMATICAL METHODS FOR SPEECH RECOGNITION

В данной статье авторы освещают проблему применения математических методов для распознавания речи. Рассматриваются подходы, основанные на кепстральном анализе, метрических расстояниях, корреляции, вероятностных моделях и нейросетевых алгоритмах. Показаны особенности каждого метода, их преимущества и области применения в системах автоматического распознавания речи.

Ключевые слова: распознавание речи; математические методы; кепстральный анализ; евклидово расстояние; косинусное расстояние; корреляция; автокорреляция; взаимная корреляция; гауссовские смеси; среднеквадратичное отклонение; динамическое временное растяжение; линейное предсказание речи; акустические признаки; нейронные сети.

This article addresses the issue of applying mathematical methods to speech recognition. It discusses approaches based on cepstral analysis, metric distances, correlation, probabilistic models, and neural network algorithms. The specific features, advantages, and application areas of each method in automatic speech recognition systems are presented.

Keywords: speech recognition; mathematical methods; cepstral analysis; Euclidean distance; cosine distance; correlation; autocorrelation; cross-correlation; Gaussian mixtures; mean squared error; dynamic time warping; linear predictive coding; acoustic features; neural networks.

Реальные решающие функции, используемые в распознавании речи, представляют собой алгоритмы или математические выражения, позволяющие оценивать степень соответствия между анализируемым речевым сигналом и эталонными моделями [1]. Такие функции играют ключевую роль в системах автоматического распознавания речи (ASR), определяя, насколько хорошо конкретный входной сигнал соответствует заранее обученным шаблонам или статистическим моделям [2].

Одним из наиболее распространённых подходов в области анализа речевых сигналов является использование кепстральных коэффициентов. Кепстральный анализ позволяет преобразовать речевой сигнал из временной области в параметрическое представление, которое удобно использовать в качестве признаков для классификации [3]. В этом случае решающие функции сравнивают векторы кепстральных коэффициентов с эталонными представлениями различных звуков или слов.

Одной из наиболее простых и часто применяемых функций подобного рода является евклидово расстояние, вычисляемое по формуле:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2},$$

где x и y – векторы коэффициентов. Чем меньше значение $d(x, y)$, тем ближе анализируемый сигнал к эталону. Этот метод отличается простотой реализации и хорошей интерпретируемостью, однако он чувствителен к масштабированию и амплитудным искажениям, что может негативно сказаться на точности распознавания в условиях шумов или при изменении громкости речи.

Для устранения чувствительности к масштабу и длине вектора признаков применяется альтернативная мера – косинусное расстояние. Такой метод позволяет определить, насколько близки два вектора по направлению, игнорируя их длину, т.е. определяет угол между векторами кепстральных коэффициентов. Особенно полезен в задачах, где амплитуда сигнала может варьироваться, например, в идентификации дикторов:

$$d_{\cos}(x, y) = 1 - \frac{(x \cdot y)}{\|x\| * \|y\|},$$

где $\|x\|$ и $\|y\|$ – нормы (длины) векторов.

Если два вектора направлены одинаково (имеют схожие акустические характеристики), их косинусное расстояние будет близким к 0.

Несмотря на эффективность метрических методов, они не учитывают временную структуру речевого сигнала. Для анализа временных зависимостей и паттернов широко применяются корреляционные методы. Корреляционный анализ позволяет выявлять повторяющиеся элементы сигнала и измерять степень взаимосвязи между фрагментами [1]. Автокорреляционная функция, вычисляемая по формуле

$$R(\tau) = \sum_{t=1}^T x(t) * x(t + \tau),$$

позволяет определить основные частоты и ритмическую структуру речи. Аналогично, взаимная корреляция двух сигналов

$$R_{xy}(\tau) = \sum_{t=1}^T x(t) * y(t + \tau),$$

применяется для оценки схожести между произвольными фрагментами речи. Если пиковое значение взаимной корреляции превышает заранее заданный порог, сигнал классифицируется как совпадающий с эталоном. Такие методы находят применение в задачах обнаружения ключевых слов или повторяющихся звуковых шаблонов.

На следующем этапе развития методов распознавания речи широкое распространение получили вероятностные модели. Одной из наиболее известных является модель Гауссовских смесей (GMM), которая позволяет представить распределение речевых признаков в виде комбинации нескольких нормальных распределений [4]. Вероятность появления признакового вектора x в данной модели описывается выражением:

$$P(x) = \sum_{i=1}^M \omega_i N(x | \mu_i, \Sigma_i),$$

где ω_i – веса компонент смеси, μ_i – средние значения, Σ_i – ковариационные матрицы. Преимущество GMM заключается в его способности моделировать сложные распределения и адаптироваться к вариативности речевых данных. Однако для эффективной работы модели требуется предварительное обучение и корректная инициализация параметров, иначе возможны ошибки в классификации.

Кроме вероятностных подходов, в задачах распознавания активно используются методы на основе оценки ошибки, в частности среднеквадратичного отклонения. Данная мера, определяемая по формуле

$$MSE = \frac{1}{n} * \sum (x_i - y_i)^2$$

где x_i – значения входного сигнала, y_i – эталонные значения, n – количество элементов, позволяющее количественно оценить расхождение между сигналами. При необходимости повышения интерпретируемости часто используется корень из MSE, называемый RMSE:

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

Среднеквадратичное отклонение широко применяется в динамическом временном растяжении (DTW), где сигнал x сравнивается с различными эталонами y , и выбирается тот, для которого MSE минимальна. Подобная минимизация также используется в линейном предсказании речи (LPC), где текущее значение сигнала выражается через линейную комбинацию его предыдущих значений:

$$s(n) = \sum_{i=1}^p a_i s(n-i) + e(n)$$

где $s(n)$ – текущее значение сигнала, a_i – коэффициенты предсказания, $e(n)$ – ошибка предсказания, минимизируемая с помощью MSE. Это позволяет точно моделировать структуру речи и использовать полученные параметры для распознавания.

С развитием методов машинного обучения и нейросетей, среднеквадратичная ошибка стала стандартной функцией потерь при обучении моделей [5]. В глубоких нейронных сетях (DNN), сверточных (CNN) и рекуррентных (LSTM) структурах функция потерь принимает вид:

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

где y_i – истинные значения, $\hat{y}_i$ – предсказанные значения модели. Минимизация этой функции с помощью градиентного спуска позволяет системе адаптироваться к речевым данным и повышать точность распознавания.

Таким образом, методы распознавания речи основаны на преобразовании звукового сигнала в числовые признаки и сравнении их с эталонными моделями с помощью математических алгоритмов. Качество распознавания зависит от точности выделения признаков и выбора решающей функции. Перспективным направлением является интеграция нейросетевых моделей с классическими методами, что позволяет объединить интерпретируемость с высокой обучаемостью. Рекомендуется использовать адаптивные модели, способные подстраиваться под особенности конкретного говорящего – это повысит надёжность распознавания. Также важно усиливать устойчивость систем к фоновому шуму через предварительную очистку сигнала и усиление ключевых признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладкий А.В., Копаев А.С. Математические основы обработки речевых сигналов. М.: Физматлит, 2016.
2. Журавлёв Ю.И., Кузнецов В.А., Мельчук И.А. Основы распознавания образов. М.: Наука, 1989.
3. Виленкин В.Я. Курс лекций по математическим методам в кибернетике и распознавании образов. МГУ, 2005.
4. Рабинер Л., Джуанг Б. Основы распознавания речи. М.: Техносфера, 2004. (перевод англ. оригинала)
5. Юренев В.П. Нейросетевые технологии обработки речи. М.: Радио и связь, 2010.

Доценко Полина Евгеньевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

E-mail: 1646597@bsuedu.ru

УДК 004.415.2

*Научный руководитель:
Пузырев Никита Сергеевич,
ассистент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

**В.А. ЕРЁМЕНКО
V.A. EREMENKO**

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЛИЧНЫМ ВРЕМЕНЕМ

ANALYSIS OF MODERN MOBILE APPLICATIONS FOR PERSONAL TIME MANAGEMENT

Статья посвящена изучению современных мобильных приложений для ведения списка дел, планирования задач. В работе представлены популярные доступные приложения, с анализом их функционала, достоинств и ограничений.

Ключевые слова: тайм-менеджмент, планировщик задач, мобильные приложения, управление временем, продуктивность.

The article is devoted to the study of modern mobile applications for task management and planning. The paper presents popular available applications, with an analysis of their functionality, advantages, and limitations. Keywords: time management, task planner, mobile apps, task management, productivity.

При нынешнем темпе жизни и необходимости держать массу информации под рукой, электронный задачник выступает незаменимым инструментом для любого современного человека, будь то главный директор крупной компании или забывчивый студент [1]. Использование задачника позволяет не упустить ни одной важной даты или поручения, способствуя грамотному распределению времени - основе продуктивной работы. Если ранее планирование зачастую ограничивалось бумажными ежедневниками или десктопными программами с ограниченной доступностью, то повсеместное распространение смартфонов кардинально изменило ситуацию.

Первоначальные версии приложений предлагали базовый функционал: создание задач, установка сроков выполнения и отметка о завершении. Однако потребности пользователей росли, требуя более гибких и многофункциональных решений. Современные мобильные приложения для управления задачами представляют собой значительно более сложные системы. Их ядро по-прежнему составляет возможность создания и структурирования задач. Пользователи могут не только записывать формулировку задачи, но и добавлять к ней подробные описания, устанавливать приоритеты, назначать конкретные даты и время выполнения, а также настраивать повторяющиеся события для рутинных дел [2]. Важным аспектом стала организация задач по проектам, папкам, меткам или тега, что позволяет гибко группировать связанные дела и поддерживать порядок даже при большом объеме информации.

Функционал напоминаний и уведомлений также является неотъемлемой частью любого эффективного планировщика. Современные решения активно используют push-уведомления, позволяют настраивать гибкие схемы напоминаний и даже интегрируются с геолокационными сервисами, чтобы напомнить о задаче при прибытии в определенное место [3]. Интеграция с календарями, как встроенными в операционную систему, так и сторонними (Google Calendar, Outlook Calendar), обеспечивает целостное представление о расписании.

Другим важным направлением развития стала интеграция элементов искусственного интеллекта и машинного обучения. Некоторые приложения способны анализировать привычки пользователя, предлагать оптимальное время для выполнения задач, автоматически распознавать даты и время в тексте при создании задачи (Natural Language Processing) [4]. Хотя эти технологии все еще находятся в стадии активного развития, их потенциал для повышения эффективности планирования огромен, поскольку они могут автоматизировать рутинные аспекты организации и предоставлять персонализированные рекомендации.

Нельзя обойти вниманием и аспект пользовательского интерфейса (UI) и опыта взаимодействия (UX) [4]. Разработчики уделяют большое внимание дизайну, стремясь сделать приложения не только функциональными, но и интуитивно понятными, визуально привлекательными. Приложения предлагают широкие возможности кастомизации: выбор тем оформления, настройку вида отображения задач (список, канбан-доска, календарь), изменение шрифтов и цветовых схем.

Одной из ключевых тенденций в развитии современных планировщиков задач является кроссплатформенность и синхронизация данных. Облачная синхронизация обеспечивает актуальность данных на всех устройствах в режиме реального времени, что критически важно для поддержания непрерывности рабочего процесса и предотвращения потери информации [5]. Это позволяет начать планирование на компьютере, добавить задачу с телефона в дороге и отметить ее выполнение с планшета вечером.

На рынке представлено множество приложений, каждое со своими уникальными особенностями и функциональностью. Наиболее популярные из них: Trello, Wrike, Todoist, TickTick, Any.do, WEEEEK, Hyle, Brite и Listta.

Trello реализует строгую Kanban-методологию через свой пользовательский интерфейс. Его основная структура данных – это доска (board), содержащая списки (lists), которые в свою очередь агрегируют карточки (cards). Карточки представляют собой атомарные единицы работы (задачи), обладающие атрибутами, такими как описание, сроки, метки, участники и вложения. Перемещение карточек между списками визуализирует изменение статуса задачи в рамках предопределенного рабочего процесса. Функциональность расширяется через систему «Power-Ups», по сути, плагинов, интегрирующих сторонние сервисы или добавляющих нативные возможности, такие как календари или пользовательские поля, однако базовая структура остается относительно плоской, без глубокой вложенности задач или явного управления зависимостями.

В противоположность этому, Wrike представляет собой комплексную систему управления проектами корпоративного уровня. Его архитектура поддерживает иерархическую декомпозицию работ (Work Breakdown Structure), позволяя создавать папки, проекты и задачи с множественными уровнями вложенности (подзадачи). Ключевыми функциональными возможностями являются управление зависимостями между задачами (finish-to-start, start-to-start и т.д.), визуализация проектов с помощью интерактивных диаграмм Ганта, управление ресурсами с отслеживанием загрузки исполнителей, детальный учет рабочего времени и генерация настраиваемых отчетов. Wrike предлагает различные представления данных (списки, доски, таблицы, таймлайны), обеспечивая гибкость для разных ролей и этапов проекта. Его API и широкие возможности интеграции подчеркивают ориентацию на сложные бизнес-процессы и интеграцию в корпоративную IT-инфраструктуру.

Todoist и TickTick можно классифицировать как персональные или командные менеджеры задач, часто реализующие принципы методологии GTD (Getting Things Done). Их ядром является управление списками задач. Todoist выделяется своим парсером естественного языка для быстрого ввода задач с атрибутами (дата, время, проект, метка, приоритет). Система организации включает проекты (могут быть вложенными) и метки (теги) для кросс-проектной категоризации. Приоритезация осуществляется по четырехуровневой шкале. TickTick предлагает схожий базовый функционал, но расширяет

его встроенными модулями, такими как календарь с возможностью просмотра задач, трекер привычек, таймер Pomodoro и возможность добавлять более подробные заметки к задачам. Оба приложения обеспечивают надежную кроссплатформенную синхронизацию и предлагают функции совместной работы, такие как назначение задач и комментирование, хотя и в менее развитой форме, чем у Wrike.

Any.do фокусируется на оптимизации ежедневного рабочего процесса пользователя через минималистичный интерфейс и специализированные функции, такие как «Moment» – механизм ежедневного обзора и планирования задач. Его функционал включает управление списками, напоминания (включая геолокационные), интеграцию с календарем и базовые возможности совместной работы. Архитектурно он проще, чем Todoist или TickTick, и нацелен на управление потоком личных дел, а не сложными проектами с множеством зависимостей.

WEEEEK позиционируется как интегрированная рабочая среда. Его особенность заключается в попытке объединить несколько функциональных блоков: управление задачами (поддерживаются списки и Kanban-доски), управление проектами, базу знаний (в виде вики-подобной структуры для хранения документации и заметок) и, возможно, элементы CRM. Такой модульный подход направлен на создание единого информационного пространства для команды, минимизируя необходимость использования множества разрозненных инструментов. Технически это подразумевает более сложную модель данных и взаимосвязей между различными сущностями (задачи, документы, контакты).

Приложения Hyle, Brite и Listta представляют либо более новые, либо более нишевые решения. Brite стремится быть агрегатором различных аспектов личной продуктивности, интегрируя задачи, заметки, трекер привычек, постановку целей и ведение дневника в рамках единого интерфейса. Технически это требует гибкой модели данных, способной представлять разнородную информацию. Hyle и Listta, вероятно, предлагают более сфокусированный функционал. Listta, судя по названию, может быть ориентирована на максимально упрощенное управление списками, возможно, с акцентом на легкость обмена данными (sharing). Их технические характеристики (глубина вложенности, типы поддерживаемых атрибутов, возможности интеграции) могут быть более ограниченными по сравнению с лидерами рынка, что является компромиссом в пользу простоты или специфической функциональности.

Сравнительный анализ перечисленных приложений представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ популярных мобильных приложений планирования задач

Приложение	Ключевой технический фокус	Технические сильные стороны	Технические ограничения	Пользовательский профиль
WEEEEK	Интегрированная модульная рабочая среда	Унификация задач, проектов, базы знаний, CRM; гибкие представления данных (списки, доски)	Комплексность интеграции модулей; потенциальная избыточность для простых задач	Команды и соло-пользователи, нуждающиеся в многофункциональной платформе
Trello	Реализация Kanban-методологии, визуализация	Интуитивный UI/UX для управления потоком; API для расширения (Power-Ups); простота модели данных	Плоская структура задач; отсутствие нативных зависимостей и сложной отчетности	Визуально-ориентированные команды и пользователи; Agile-процессы (Scrum, Kanban)
Wrike	Комплексное управление проектами (Enterprise)	Иерархия задач (WBS), зависимости, диаграммы Ганта, управление ресурсами, отчетность, API	Высокий порог вхождения; сложность интерфейса; ресурсоемкость; избыточен для малых задач	Средние и крупные предприятия; управление сложными проектами, PMO

Todoist	Task-centric, GTD-ориентированный	NLP-парсер ввода; надежная синхронизация; система приоритетов; поддержка проектов и меток	Ограниченные встроенные визуализации (нет Kanban/Gantt в базе); базовые отчеты	Индивидуальная продуктивность; поклонники GTD; быстрый сбор и структуризация задач
TickTick	Функционально-насыщенный Task Manager (GTD)	Интегрированные календарь, привычки, Pomodoro; матрица Эйзенхауэра; гибкая настройка задач	Может показаться перегруженным; менее развит в командных функциях по сравнению с Wrike	Пользователи, ищущие максимальный набор GTD-инструментов в одном приложении
Any.do	Ежедневное планирование, UI/UX фокус	Механизм «Moment»; простая интеграция с календарем; минималистичная модель данных	Ограниченная функциональность для проектов; зависимость от подписки для доп. функций	Пользователи, фокусирующиеся на ежедневном планировании и простоте
Hyle	Потенциально нишевый/специализированный	(Зависит от конкретной реализации) Уникальный UI или функциональный фокус	Ограниченная информация; возможная нехватка интеграций или продвинутых функций	Пользователи с особыми требованиями или ищущие альтернативы
Brite	Агрегатор личной продуктивности	Интеграция задач, заметок, привычек, целей в единой среде; фокус на целостном подходе	Потенциальная поверхностность в каждой отдельной функции; новизна	Пользователи, стремящиеся консолидировать различные аспекты самоорганизации
Listta	Упрощенное управление списками	Простота модели данных и интерфейса; возможен акцент на функциях шаринга	Вероятная ограниченность функций для сложного управления	Пользователи, которым нужны простые списки для личного использования или обмена

Очевидно, что не существует универсального решения, подходящего абсолютно всем. Выбор оптимального приложения зависит от конкретных задач пользователя или команды, требуемого уровня детализации, необходимости совместной работы, предпочтений в визуализации данных и готовности осваивать более сложные системы.

Несмотря на разнообразие функций, многие приложения имеют свои недостатки: некоторые страдают от излишней сложности интерфейса и высокого порога вхождения, например, Wrike, другие ограничены в функционале для сложных проектов или командной работы, как Trello с его плоской структурой или Any.do, ориентированный на личные дела. Потенциал для улучшений лежит в области более тесной интеграции различных инструментов продуктивности (задачи, заметки, календари, трекеры привычек), развитии интеллектуальных функций на базе ИИ для автоматизации рутинных операций, таких как сортировка или предложение оптимального времени для задач, а также в поиске оптимального баланса между богатыми возможностями и простотой освоения.

Тщательный анализ функциональных возможностей, сильных и слабых сторон каждого инструмента, представленный в данном обзоре, позволяет сделать осознанный выбор в пользу того решения, которое наилучшим образом будет способствовать достижению поставленных целей и эффективному управлению временем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кумаргали, А. Е. Разработка мобильного приложения "планировщик" / А. Е. Кумаргали // Science Time. – 2016. – № 10(34). – С. 164-170. – EDN WYMIYT.
2. Бужинская, Н. В. Разработка мобильного приложения для тайм-менеджмента на языке Kotlin / Н. В. Бужинская, С. К. Мащенко // Научное обозрение. Технические науки. – 2022. – № 1. – С. 11-15. – DOI 10.17513/srts.1379. – EDN PCPQSS.
3. Шаврей, Д.С. Антоненко, Е.В. Тайм-менеджмент в жизни современного человека [Электронный ресурс]. URL: <https://rep.polessu.by/handle/123456789/15229> (дата обращения: 14 апр. 2025). Режим доступа: для всех пользователей.
4. Беседин, О. А. Проектирование планировщика задач на основе искусственного интеллекта / О. А. Беседин, П. К. Пюра // Вестник науки. – 2024. – Т. 3, № 6(75). – С. 1324-1329. – EDN QBJWJL.
5. Бебнев, А. А. Система синхронизации сервисов планирования событий / А. А. Бебнев, В. А. Моисеев, С. В. Малахов // Перспективные информационные технологии: труды Международной научно-технической конференции, Самара, 26–28 апреля 2016 года. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2016. – С. 202-204. – EDN WDTNZR

Ерёменко Владислав Андреевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1491500@bsu.edu.ru

УДК 681.3.15

Научный руководитель:
Тимонова Светлана Сергеевна,
Преподаватель ОГАПОУ «Белгородский индустриальный колледж»,
(Белгород, Россия)

М.В. КАНИН
M.V. KANIN

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАГАЗИНА ПО ПРОДАЖЕ ДРЕВЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR A STORE SELLING WOOD PRODUCTS

В данной статье авторами рассматривается деятельность магазина по продаже древесной продукции, рассматриваются существующие достоинства и недостатки.

Ключевые слова: автоматизация, проектирование, диаграмма.

In this article, the authors consider the activities of a store selling wood products, and consider the existing advantages and disadvantages.

Keywords: automation, design, diagram.

Актуальность работы определяется быстрым ростом важности информационной системы в наше время, особенно для магазинов. Технологии постоянно развиваются и не стоят на одном месте, постоянно появляются новые инструменты, которые автоматизируют процессы управления магазином.

Магазин по продаже древесной продукции представляет магазин, который занимается разнообразной продукцией из древесины. В магазине по продаже древесной продукции можно встретить такие виды продукции, как: ДСП, доска, фанера, брус, мини-брус, планкен, вагонка, пагонаж, стеновая панель и другие виды продукции. Главной деятельностью данного торгового зала является обеспечение покупателей качественной, а главное нужной продукцией. То есть продукция должна быть близкой по цене к людям. Для эффективной работы магазина по продаже древесной продукции, нужными факторами служат поступление товара, продажа и взаимодействие с поставщиком, а также пересмотр складской ведомости

Методология IDEF0 применяется для детального анализа и документирования как текущих, так и планируемых деловых процессов. Это мощный инструмент, позволяющий систематизировать и исследовать функциональные составляющие предприятий, учреждений и последовательностей работы. Технология была специально разработана для совершенствования механизмов контроля при создании и развитии сложных организационных структур [1].

Ниже предоставлена контекстная диаграмма «КАК ЕСТЬ» процесса «Деятельность магазина по продаже древесной продукции» (рисунок 1).

Входными данными являются:

- заказы от клиентов;
- поступление товаров.

Выходными данными являются:

- выставленные счета;
- отчеты о продажах.

Управлением являются:

- правила работы с клиентами;
- нормативы учета товаров.

Механизмом являются:

- персонал магазина;
- бумажные носители.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма «КАК ЕСТЬ»

Для лучшего понимания деятельности магазина была разработана диаграмма декомпозиции процесса (рисунок 2). Декомпозиция – это процесс разбивания целевого блока процесса на несколько более мелкие блоки процессов. Диаграмма декомпозиции позволяет облегчить разработку информационной системы.

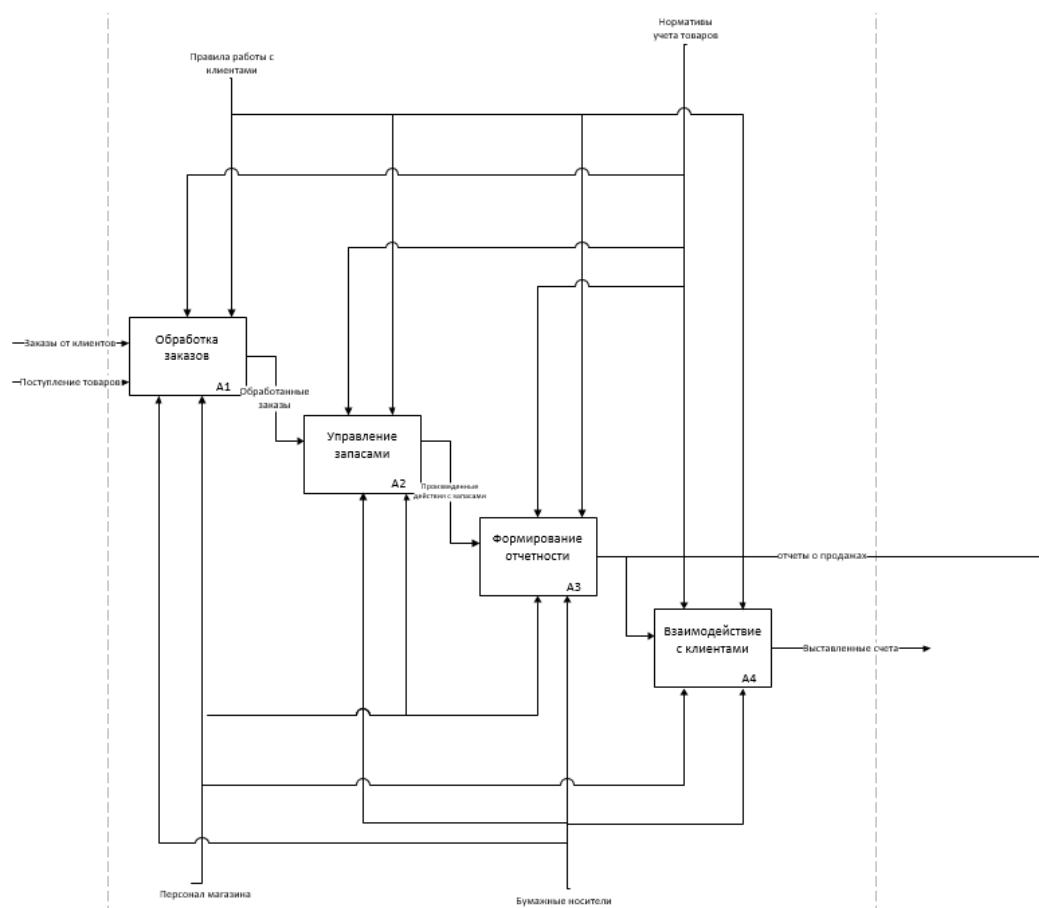


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции блока A0

На основании проведенного проектирования можно сказать о необходимости внедрения информационной системы, которая будет оптимизировать процессы. Данная система будет автоматизировать процесс обработки заказов, управления запасами, формирования отчета и взаимодействия с клиентами. На выходе использования данной информационной системы, будет формироваться автоматически электронный отчет, что поможет анализировать работу бизнеса.

После внедрения информационной системы, были спроектированы диаграммы «КАК ЕСТЬ» и «КАК БУДЕТ». Это позволит наглядно показать, какие процессы были оптимизированы.

Зеленым цветом помечены новые элементы.

Ниже предоставлена контекстная диаграмма «КАК БУДЕТ» исследуемого процесса (рисунок 3).

Входными данными являются:

- электронные заказы от клиентов;
- поступление товаров.

Управлением являются:

- правила работы с клиентами;
- нормативы учета товаров.

Механизмом являются:

- ИС;
- персонал магазина.

Выходными данными являются:

- выставление счета;
- электронные отчеты о продажах.

Далее сделали декомпозицию диаграммы «КАК БУДЕТ» (рисунок 4). Информационная система входит в блоки A1, A2, A3 и A4. На выходе, благодаря информационной системе, получается готовый электронный отчет.



Рисунок 3 – Контекстная диаграмма «КАК БУДЕТ»

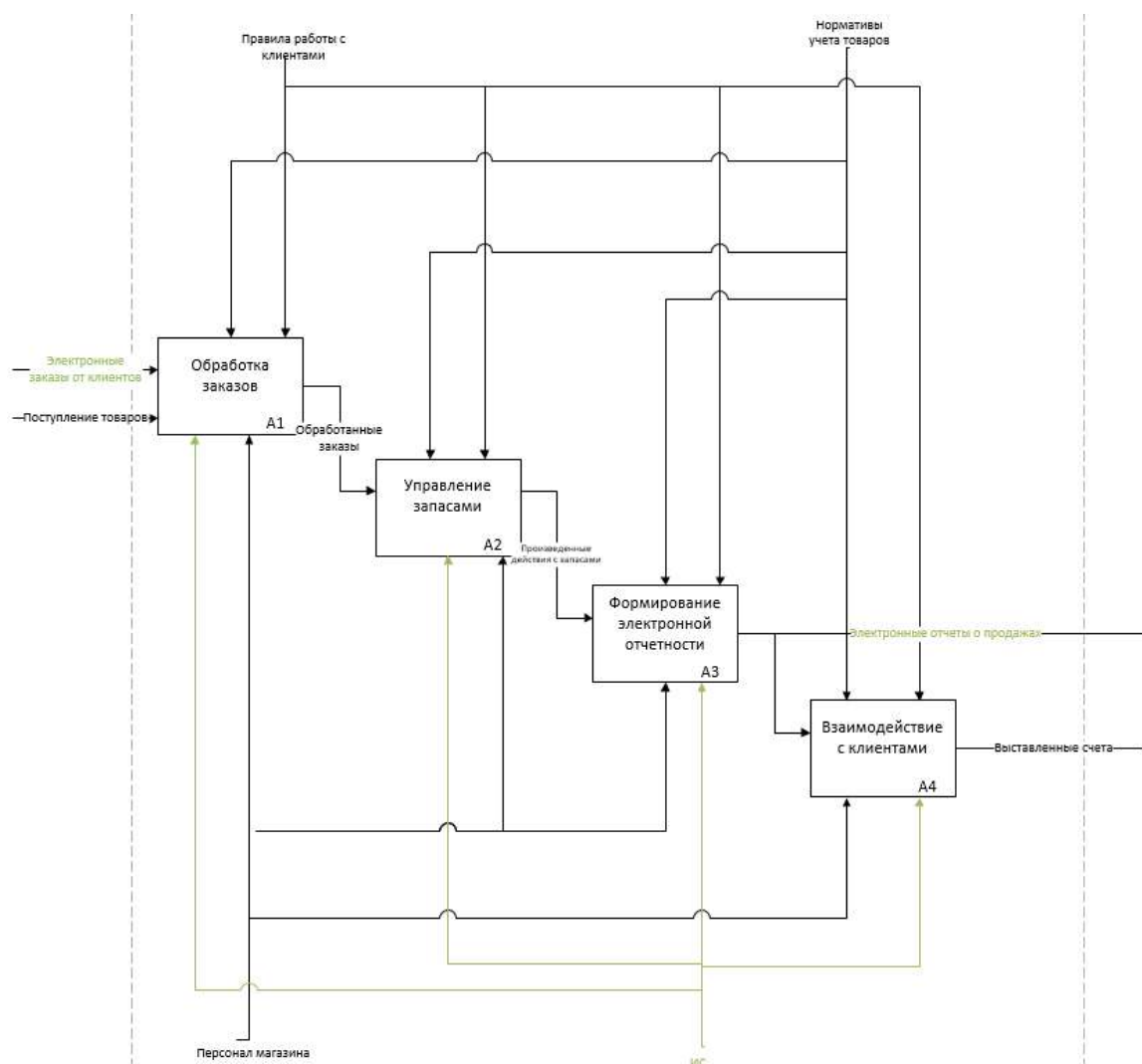


Рисунок 4 – Диаграмма декомпозиции блока A0

Исходя из проектирования, можно сделать вывод, что данная информационная система оптимизирует все процессы магазина по продаже древесной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авроров, В. А. Процессы и оборудование. Моделирование, исследования, инновационные конструкторские разработки : учебное пособие для вузов / В. А. Авроров. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 260 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14802-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544369>.

2. Иващук, О. А. Проведение имитационного эксперимента по росту и развитию сельскохозяйственных культур в условиях динамики парникового эффекта / О. А. Иващук, Н. П. Зуев, Д. В. Гончаров // Innovations in Life Sciences : сборник материалов VI Международного симпозиума, Белгород, 22–24 мая 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2024. – С. 153-154.

Канин Михаил Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Студент инжинирингового колледжа

E-mail: maiklkanin@yandex.ru

УДК 004.89

*Научный руководитель:
Польщиков Константин Александрович,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Д.К.Д. KARWI
J.Q.J. KARWI

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ УПРАВЛЕНИИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕМ
ВЫПАСАЕМЫХ ЖИВОТНЫХ
DECISION SUPPORT SYSTEM FOR GRAZING LIVESTOCK
LOCATION MANAGEMENT**

Рассмотрена задача создания системы поддержки принятия решений, применяемой в процессе управления местоположением животных на пастбище. Функционирование системы основано на совместном использовании сети интернета вещей и беспилотных летательных аппаратов. Выполнено оценивание работоспособности предлагаемой системы с помощью вычислительных экспериментов. Полученные результаты показали, что применение разработанной системы позволяет повысить обоснованность принятия решений об использовании беспилотных средств для корректировки местоположения контролируемых особей и снизить энергопотребление сетевых узлов.

Ключевые слова: точное животноводство, беспилотные летательные аппараты, интернет вещей, трекеры, поддержка принятия решений.

The problem of creating a decision support system used in the process of managing the location of animals on a pasture is considered. The system's operation is based on the joint use of the Internet of Things and unmanned aerial vehicles. The performance of the proposed system was assessed using computational experiments. The results obtained showed that the use of the developed system allows for increasing the validity of decisions on the use of unmanned vehicles to adjust the location of controlled individuals and reducing the energy consumption of network nodes.

Keywords: Precision Livestock Farming, unmanned aerial vehicles, Internet of Things, trackers, decision support.

В настоящее время решение многих прикладных задач основано на применении систем беспроводной передачи данных [1–6], в частности сетей интернета вещей (Internet of Things, IoT) [7], а также беспроводных летательных аппаратов (БПЛА) [8]. Эти средства активно используются для решения задач точного животноводства [9; 10]. Важной задачей точного животноводства является контроль местоположения животных и управление их перемещением по пастбищу. Анализ литературы показал, что выпасаемые животные реагируют на звук, издаваемый летящими мультикоптерами, и перемещаются в безопасные зоны пастбища [11]. Это дает возможность использовать беспилотные летательные аппараты для корректировки местоположения контролируемых особей.

Обеспечить постоянный мониторинг выпасаемых животных позволяет использование сети интернета вещей. На каждой особи может быть размещен трекер, представляющий собой сетевое устройство с функциями приемника данных глобальной системы геопозиционирования. Трекеры в качестве устройств, подключенных к сети интернета вещей, отправляют данные о местоположении выпасаемых животных на сетевой шлюз. Затем эта информация поступает на сетевой сервер и выводится на интерактивный экран панели управления оператора-пастуха, который, в случае необходимости, принимает решение об отправке мультикоптера в конкретное место для обеспечения безопасности выпасаемого животного. Производителями сетевого оборудования интернета вещей предлагаются трекеры и шлюзы, функционирующие на основе различных технологий.

Для решения задач точного животноводства наиболее востребованы глобальной сети дальнего радиуса действия (Long Range Wide Area Network, LoRaWAN) [12].

В целях совершенствования процессов управления перемещениями выпасаемых животных требуется создание системы обоснования решений, позволяющей повысить безопасность контролируемых особей и их воздействий на окружающую среду за счет адекватного применения технологий интернета вещей и беспилотных летательных аппаратов.

Разработана система поддержки принятия решений при управлении местоположением выпасаемых животных с помощью сети интернета вещей и БПЛА. Её схема представлена на рисунке 1.

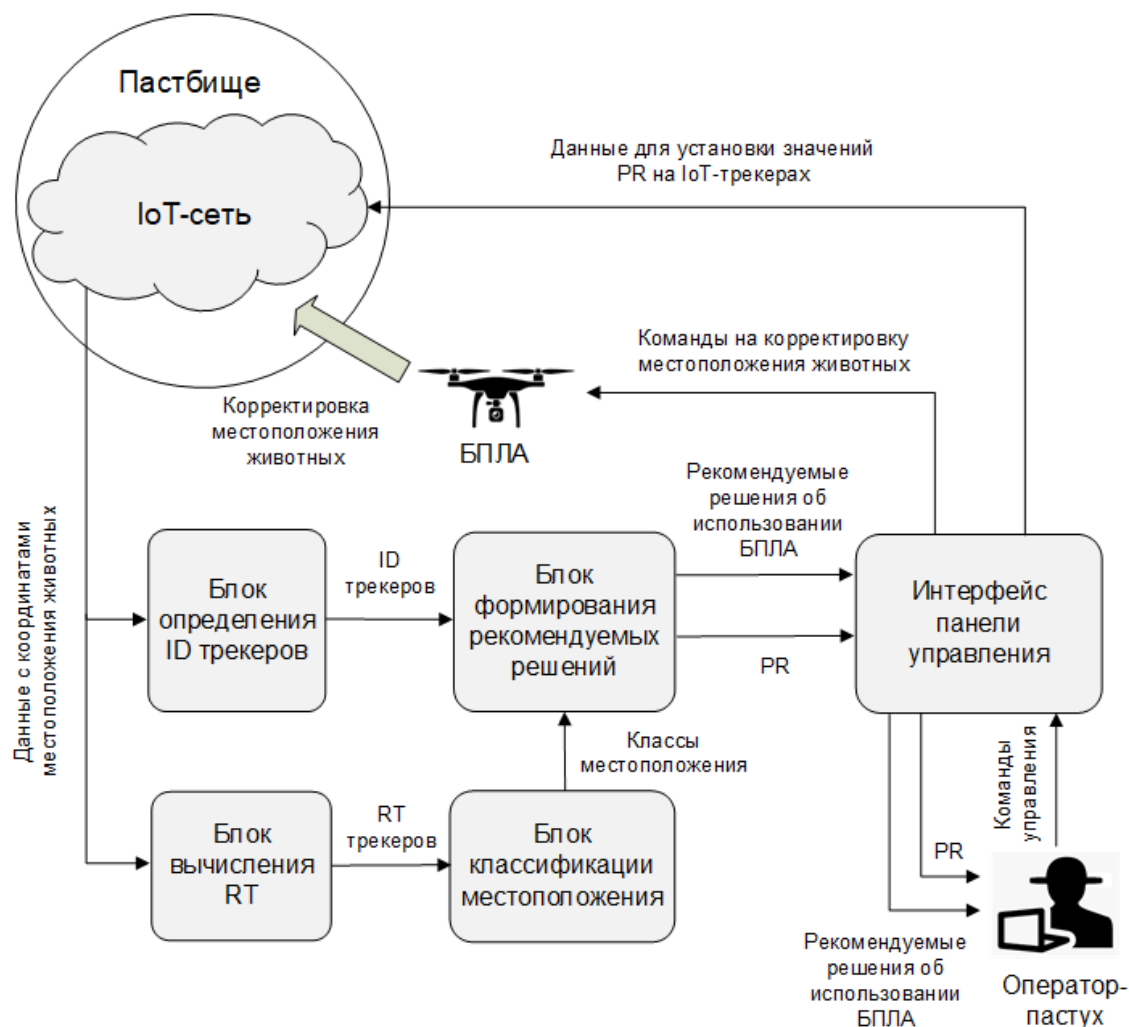


Рисунок 1 – Система поддержки принятия решений при управлении местоположением выпасаемых животных

На пастбище находятся контролируемые животные, к которым прикрепляются трекеры. С помощью этих трекеров по IoT-сети на сетевой шлюз и далее на панель управления передаются геопозиционные сообщения, содержащие данные с координатами текущего местоположения каждого животного. Эти данные поступают в блок определения ID трекеров и блок вычисления RT. С выхода первого блока информация о номере контролируемого трекера поступает в блок формирования рекомендуемых решений. В блоке вычисления RT оценивается расстояние от точки местоположения животного до центра пастбища. Затем значение этого расстояния

поступает в блок классификации местоположения. В этом блоке с учетом предложенных критериев осуществляется отнесение контролируемого трекера с номером ID к одному из четырех классов местоположения. Выявленный класс местоположения поступает в блок формирования рекомендуемых решений, с помощью которого в соответствии с предложенным алгоритмом осуществляется выбор периода отправки геопозиционных сообщений трекером с номером ID, а также выполняется выбор рекомендуемого решения о необходимости использования БПЛА для корректировки местоположения животного, к которому прикреплен это трекер. Результаты выбора поступают на интерфейс панели управления, с помощью которого представляются оператору-пастуху для принятия соответствующих решений. Данные о выбранном периоде отправки сообщений в автоматическом режиме передаются на IoT-трекер с возможностью корректировки оператором. С учетом выдаваемых системой рекомендаций, собственного опыта и особенностей текущей ситуации оператор-пастух принимает решение об использовании БПЛА и для его исполнения реализует необходимые команды с помощью интерфейса панели управления. Команда на корректировку местоположения животного с трекером номер ID поступает на исполнение БПЛА. Затем осуществляется вылет мультикоптера для того, чтобы направить соответствующее животное в безопасное место пастбища.

Система управления местоположением выпасаемых животных на основе применения IoT и БПЛА может функционировать в упрощенном варианте без реализации предложенных процедур. В таком виде система не предполагает распознавание местоположения, а решение об использовании мультикоптера для корректировки перемещения выпасаемых особей принимается в случае пересечения животным границы безопасной части пастбища. При этом все трекеры отправляют геопозиционные сообщения с одинаковым периодом. Для сравнительной оценки характеристик функционирования вышеуказанных вариантов системы проведено 12 серий, включающей по 20 вычислительных экспериментов. Статистическая обработка их результатов показала, что применение системы, в которой реализованы предложенные в работе процедуры, позволяет увеличить обоснованность принятия решения об использовании БПЛА для корректировки местоположения выпасаемых животных на величину до 27,22 %, а также снизить энергопотребление IoT-трекеров при передаче сообщений на величину до 42,99 % при доверительной вероятности 0,9.

Таким образом, предложенная система обоснования решений при управлении перемещениями выпасаемых животных, позволяет повысить безопасность их жизни и воздействий на окружающую среду за счет адекватного применения технологий интернета вещей и беспилотных летательных аппаратов. Проведенные вычислительные эксперименты иллюстрируют работоспособность разработанной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Justification for the decision on loading channels of the network of geoeological monitoring of resources of the agroindustrial complex / K. Polshchykov, S. Lazarev, V. Kiselev, A.N.T. Shabeeb // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Vol. 9, No. 3. – P. 781–787.
2. К вопросу обеспечения связи в процессе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах строительства / И. С. Константинов, О. В. Пилипенко, К. А. Польщиков, О. Д. Иващук // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 1(63). – С. 40–46.
3. Polshchykov, K. Neuro-Fuzzy Control of Data Sending in a Mobile Ad Hoc Network / K. Polshchykov, S. Lazarev, A. Zdorovtsov // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 9(2S). – P. 1494–1501.

4. Польщиков, К.А. Оценка вероятностно-временных характеристик доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети / К.А. Польщиков // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2015. – № 7(204). – С. 183–187.

5. Clusters partition algorithm for a self-organizing map for detecting resource-intensive database inquiries in a geo-ecological monitoring system / T.N. Mahdi, J.Q. Jameel, K.A. Polshchikov [et al.] // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Vol. 9, No. 4. – P. 1138–1145.

6. Konstantinov, I.S. The Algorithm for Neuro-Fuzzy Controlling the Intensity of Retransmission in a Mobile Ad-Hoc Network / I.S. Konstantinov, K.O. Polshchikov, S.A. Lazarev // International Journal of Applied Mathematics and Statistics. – 2017. – Vol. 56 (2). – P. 85–90.

7. Ясир, М.Д.Я. Модель доставки сообщения в сенсорной сети с низким энергопотреблением / М.Д.Я. Ясир, К.А. Польщиков, В.И. Федоров // Экономика. Информатика. – 2023. – Т. 50, № 2. – С. 439–447.

8. Джамил, К. Д. К. Модель передачи видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети / К. Д. К. Джамил, Р. В. Лихошерстов, К. А. Польщиков // Экономика. Информатика. – 2022. – Т. 49, № 2. – С. 403–415.

9. Kumar, V.A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies / V. Kumar, K.V. Sharma, N. Kedam // Smart Agricultural Technology. – 2024. – Vol. 8. – P. 100487.

10. Yaxley, K.J. Building a Sky Shepherd for the future of agriculture / K.J. Yaxley, A.Reid, C. Kenworthy // Smart Agricultural Technology. – 2023. – Vol. 3. – P. 100137.

11. Priyadharshini, S.P. Unmanned Aerial Vehicle in the Smart Farming Systems: Types, Applications [Электронный ресурс] / S.P. Priyadharshini, P. Balamurugan // IEEE Xplore. – 2022. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1109/ICSES55317.2022.9914070> (дата обращения: 06.03.2025).

12. Yaser, M.Ja. Algorithm for ensuring the minimum power consumption of the end node in the LoRaWAN network / M.Ja. Yaser, K.A. Polshchikov, I.K. Polshchikov // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2023. – Vol. 11, No. 4. – P. 168–174.

Карви Джалал Каис Джамил

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: jalalalqaisy1@gmail.com

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Нестерова Елена Викторовна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

S.S. KOVALENKO, T.A. NESTEROVA
S.S. KOVALENKO, T.A. NESTEROVA

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ВИДЕОФИКСАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

ANALYSIS OF MODERN VIDEO RECORDING MEANS AT ENTERPRISES

В данной статье авторы рассматривают проблему автоматической фиксации с последующим анализом протекающих процессов, построение, организацию и работу систем видеофиксации, применяемых на современных предприятиях.

Ключевые слова: сети; видеонаблюдение; техническое зрение; контроль продукции; передача данных.

In given article authors shine a problem of automatic recording with subsequent analysis of ongoing processes, construction, organization and operation of video recording systems used in modern enterprises

Keywords: networks; video surveillance; machine vision; product control; data transmission.

В последние годы потребность в системах видеонаблюдения значительно возросла как в коммерческом, так и в частном секторе [1]. Современные технологии позволяют создавать доступные и эффективные решения для обеспечения безопасности и контроля за различными объектами. Современные условия ведения бизнеса требуют от предприятий постоянного мониторинга и анализа процессов для обеспечения безопасности, повышения эффективности работы и защиты активов [2].

Одной из наиболее важных функций современных систем видеонаблюдения является возможность удалённого доступа, которая позволяет пользователям следить за состоянием объектов в режиме реального времени.

Небольшие фирмы, как правило, имеют ограниченные ресурсы и такие системы используются для предотвращения или фиксации правонарушения. Системы видеонаблюдения позволяют снизить уровень преступности. Наличие камер делает потенциальных злоумышленников менее уверенными в своих действиях. В случае происшествия запись с камер может быть использована как доказательство для правоохранительных органов. В больших предприятиях ситуация иная, производится непрерывный видеомониторинг как наружного, так и внутреннего пространств [3].

Устройства каждого участка подключены к своему архивирующему устройству, каждое архивирующее устройство соединено в единую сеть с остальными (рисунок 1). Такой подход к построению топологии сети позволяет обеспечить безопасность и целостность данных на различных уровнях [4-6].

Доступность данных производственного технологического процесса с любого компьютера предприятия, с любой подсистемы стала актуальной. И SCADA-приложения должны быть источником технологических данных, с одной стороны, и их потребителем, с другой. Самым простым и распространенным клиентским приложением являются клиенты в локальной сети [7].

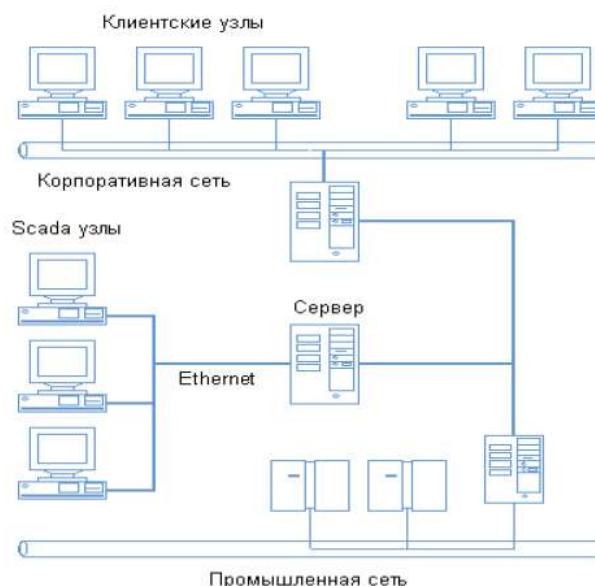


Рисунок 1 – Топология промышленной сети

Стоит отметить, что алгоритмы фиксации, обработки и хранения информации, например, для камер наблюдения за окружающей территорией и отслеживания ее целостности отличается от камеры контроля продукции в цеху, при этом устройство для контроля передвижения или присутствия по секторам производственного помещения вполне может быть аналогичным устройству по наблюдению за целостностью наружного периметра объекта.

В соответствии с ранее выделенными особенностями рассмотрим классификацию аппаратных средств видеофиксации [6]. В общем виде устройства можно разделить на две группы:

1. Камеры для видеонаблюдения

Камеры, предназначенные для видеонаблюдения, используются для обеспечения безопасности и контроля за объектами. Среди них можно выделить следующие камеры.

Аналоговые камеры – используют аналоговый видеосигнал для передачи изображения. Преимущества включают простоту в установке и меньшую стоимость, однако они ограничены в качестве изображения, обычно до 720p.

Цфровые камеры – передают изображение в цифровом формате через сеть. Они предлагают высокое разрешение (от 1080p до 4K) и возможности удалённого доступа для мониторинга. Немаловажным плюсом является возможность интеграции с системами видеонаблюдения и аналитики [8].

Наиболее удобными и справедливо получившие распространение являются цифровые камеры, а именно IP. Именно они способны обеспечить оптимальное соотношение характеристик скорости, передачи и обработки данных. Аппаратное подключение в современных устройствах выполняется по технологии PoE – Power over Ethernet (рисунок 2).

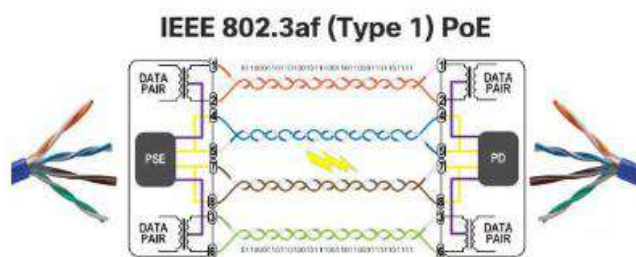


Рисунок 2 – Контакты подключения кабеля

В основе технологии PoE лежит принцип работы традиционных стационарных телефонов (общедоступной коммутируемой телефонной сети), которые получают питание 48 В постоянного тока по тем же медным кабелям, что и для связи. Изначально для PoE использовались неиспользуемые пары из четырёх витых пар медных проводов, которые есть в типичном кабеле категории 5 [9]. На данный момент подключение выполняется при помощи одного коннектора факторы RJ-45, по которому осуществляются передача данных и питание устройства. Рекомендуется использовать изолированную витую пару.

2. Камеры для технического зрения

Камеры для технического зрения, также известные как промышленные камеры, используются в автоматизации процессов и контроле качества на производстве. Рассмотрим некоторые из них:

CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) -камеры. Обладают высокой скоростью захвата изображения и минимальным энергопотреблением. Широко используется в системах машинного зрения благодаря возможности обработки изображений в реальном времени [8].

Спектральные камеры. Позволяют анализировать объекты по спектру излучения, используются в научных исследованиях и аналитике материалов.

3D-камеры. Используют стереосъемку или лазерные технологии для создания трёхмерных изображений объектов, что позволяет более точно определять размеры и форму объекта.

CCD (Charge-Coupled Device) [10]. Обладают высоким качеством изображений и низким уровнем шумов, часто используется на участках контроля, требующих точного цветопередачи и высокого разрешения (рисунок 3).

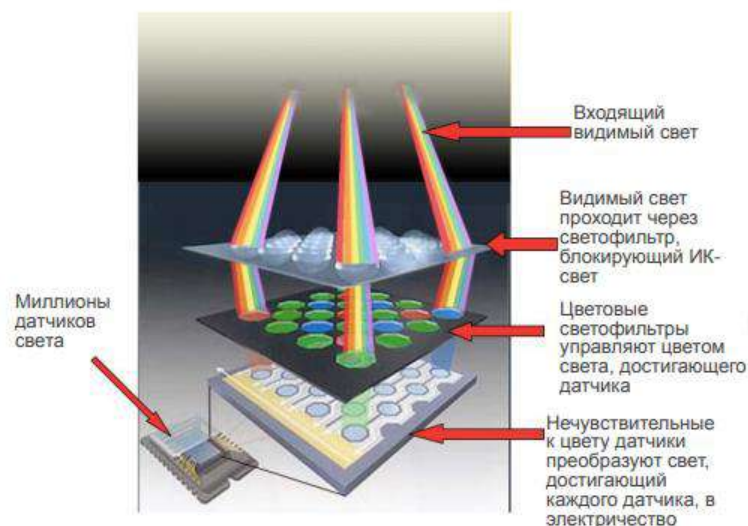


Рисунок 3 – Принцип действия CMOS и CCD камер

Поскольку на предприятиях существуют четкие требования к промышленному оборудованию, они касаются и устройств технического зрения. Поэтому критическими характеристиками выступают чувствительность сенсора, высокое качество изображения, скорость обработки, поддержка программных интерфейсов (GigE/USB 3.0/Camera Link и др.), возможность обработки в реальном времени, передачах или обработка данных по входящему запросу (протокол или дискретный сигнал), возможность масштабирования каскада устройств [11-13].

Таким образом, обе рассмотренные группы устройств имеют свои преимущества и недостатки, но не являются взаимозаменяемыми. Действительно IP-камеры возможно использовать на предприятии, для предупреждения правонарушений или обеспечения безопасности контроля сотрудников на производстве (рисунок 4).



Рисунок 4 – Контроль производства по зонам [13]

Но для более сложной и точной работы, особенно в достаточно загрязненных или химически-агрессивных условиях, таких как горно-добывающая отрасль, металлургия, контроль поступающего сырья на пищевое производство, контроль маркировки продукции, наиболее подходящими являются специализированные решения для технического зрения [14]. На начальном этапе они требуют больше вложений и трудозатрат, но при этом быстро окупаются, благодаря стабильному решению производственных задач, для предприятия это ведет к увеличению производительности, повышению качества продукции, снижению издержек, повышению репутации бренда, за счет снижения брака, в следствие, повышению прибыли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрко, И. В. Области применения и принципы работы систем установлены идентифицируют лиц по видеофиксациям в первый момент времени/ И. В. Юрко, В. Н. Алдобаева // Международный студенческий научный вестник , №2. 2018. С. 66–66.
2. Панков, С. Н. Цифровая трансформация производства: инновационность цифровых технологий и их внедрение на предприятиях энергетической отрасли / С. Н. Панков, М. Ю. Новиков, Н. Л. Тарануха // Выставке инноваций-2023 (весенняя сессия) С. 140-152.
3. Narne, H. Generative Artificial Intelligence Device to analysis the data for SAP based Data Management // International Conference on Intelligent Computing and Emerging Communication Technologies (ICEC) . 2024. pp. 1-6.
4. Горобченко, С. Л.. Принципы анализа промышленной сети fieldbus для повышения безопасности при стабильной связи в работе арматуры компании «NELES» // С. Л. Горобченко и др.// Известия Тульского государственного университета. Технические науки , № 8. 2024. С. 461-465.
5. Dong, C., Xiong, X., Xue, Q., Zhang, Z., Niu, K., & Zhang, P. A survey on the network models applied in the industrial network optimization // Science China Information Sciences, 67(2), 2024. pp. 121301.
6. He, D., Sun, D., Chen, Y., Liu, G., Guo, S., Ma, R., ... & Liu, J. Topology design and optimization of train communication network based on industrial ethernet // IEEE Transactions on Vehicular Technology, 71(1) 2021. pp. 844-855.
7. Р.А. Лунев С.В. Терентьев. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В АСУТП: учебное пособие / Р.А. Лунев С.В. Терентьев. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 213 с.

8. Беспалов, А. П., Каретников, В. В. Обзор современных технологий мониторинга судов на акваториях ВВП с использованием средств видеонаблюдения // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, 16(5). 2024. С. 738-748.

9. What Is Power over Ethernet (PoE). [Электронный ресурс]. Систем. требования: Web-browser (Internet Explorer). URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/what-is-power-over-ethernet.html> (дата обращения 14.04.2025)

10. Chang, S. High-resolution laser receiver for construction levelling robots using multi-linear charge-coupled device (CCD) arrays / Chang, S., Liu, H., Chang, C. W., Wang, N., Liang, H., Wu, H., & Lin, G // Automation in Construction, 173, 2025. pp.106077.

11. ГОСТ Р 51558-2014. Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Москва: Издательство стандартов, 2014.

12. Wittels N., McClellan J.R., Cushing K., Howard III W., Palmer A. How to select cameras for machine vision // In: Optics, Illumination, and Imaging for Machine Vision III. Vol. 1005. Boston, MA, USA, 1989. URL: <https://doi.org/10.1117/12.949025> (дата обращения 14.04.2025).

13. Shi, Y. Smart Cameras for Machine Vision./ Y. Shi // Inn. A. Belbachir (ed.). Smart Cameras. – New York: Springer, 2009. – URL: 10.1007/978-1-4419-0953-4_16.

14. Tsai, R. A Universal Camera Calibration Technique for High-Precision 3D Machine Vision Metrology Using Standard TV Cameras and Lenses // Journal on Robotics and Automation. – IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY, USA.– 2003. – Jan 06. – URL: 10.1109/JRA.1987.1087109

Коваленко Семен Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: Kovalenko.semion@yandex.ru

Нестерова Тамара Андреевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: Nesterova@bsu.edu.ru

УДК 004.7

Научный руководитель:
Худасова Ольга Геннадьевна,
старший преподаватель кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

В.В. КОЛЧАР, М.М. КАЛЮЖНАЯ, Л.В. ВЫРОДОВА
V.V. KOLCHAR, M.M. KALYUZHNYAYA, L.V. VYRODOVA

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОДАЖИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE SALE OF CONSTRUCTION TOOLS

Постоянный рост спроса на строительные материалы требует новых подходов к управлению торговым процессом. Современные клиенты ценят оперативность и удобство покупок, а владельцы магазинов заинтересованы в повышении эффективности своей деятельности. В данной статье авторами рассматривается деятельность строительного магазина, рассматриваются существующие достоинства и недостатки.

Ключевые слова: проектирование, строительный магазин, автоматизация.

The constant growth in demand for building materials requires new approaches to managing the trading process. Modern customers value the promptness and convenience of shopping, and store owners are interested in improving the efficiency of their activities. In this article, the authors consider the activities of a construction store, consider the existing advantages and disadvantages.

Keywords: design, hardware store, automation.

Сегодня информационные технологии быстро меняют привычные сферы бизнеса, особенно торговлю и логистику. Всё больше компаний внедряют автоматизированные системы, чтобы управлять складом и продажами, улучшать обслуживание клиентов и контролировать запасы. Внедрение системы на базе 1С:Предприятие для продажи строительных инструментов позволяет упростить процессы — от учёта товара до анализа продаж. Это помогает сотрудникам экономить время, делает работу прозрачной, а клиентам обеспечивает более удобное и быстрое обслуживание. Такая система становится настоящим помощником в повседневной работе бизнеса [2]. Актуальность разработки информационных систем для продажи строительных инструментов обусловлена постоянным ростом рынка этой продукции. Клиентам важно быстро и удобно приобретать необходимые им инструменты, а компаниям — эффективно управлять заказами и запасами. Информационные системы автоматизируют процесс продаж, упрощают учет товаров и обеспечивают удобное взаимодействие с клиентами. Кроме того, конкуренция на рынке строительных материалов требует от компаний быстрого реагирования на запросы клиентов. Информационные системы позволяют сократить время обработки заказов, улучшить качество обслуживания и повысить общую операционную эффективность. Это особенно важно для компаний, стремящихся развивать и расширять свою клиентскую базу [1].

Информационные системы, используемые для продажи строительных инструментов, объединяют несколько ключевых типов программного обеспечения, каждый из которых решает конкретные задачи бизнеса. Эти системы включают ERP (системы планирования ресурсов предприятия), CRM (системы управления взаимоотношениями с клиентами), WMS (системы управления складом). Рассмотрим подробнее каждую из них и как они применяются в торговле строительными инструментами. ERP-системы обеспечивают центральное управление всеми основными бизнес-процессами, такими как

управление запасами, бухгалтерский учет, логистика и планирование производства. Примеры крупных ERP-систем включают SAP ERP, 1С:Управление торговлей, Oracle ERP Cloud и Microsoft Dynamics 365. Эти системы особенно полезны для бизнеса, который требует строгого контроля за запасами, так как они позволяют отслеживать все поступления и продажи строительных инструментов в режиме реального времени, автоматизировать учет и оптимизировать процесс закупок. Например, SAP ERP позволяет интегрировать складские операции и автоматизировать управление заказами, что снижает затраты на логистику и хранение [3].

IDEF0 – это метод, который применяется для формализованного описания бизнес-процессов в виде графических моделей. Он позволяет создать функциональные модели, описывающие структуру производственной или ещё какой-либо среды с различными функциями и взаимосвязями между ними, а также материальными и информационными потоками [1].

Далее приведена диаграмма «Как есть» текущего состояния конфигурации «Деятельность строительного магазина» (рисунок 1).

Входной информацией является: информация о заказах, информация о наличии строительных материалах, информация о товарах

Выходной информацией является: отчет о готовых заказах, отчет о продажах.

Механизмы: администратор, кассир.

Управление: законы РФ, правила магазина, ГОСТ.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма «КАК ЕСТЬ»

Для тщательного анализа деятельности строительного магазина была разработана диаграмма декомпозиции (рисунок 2.)

Декомпозиция помогает исследовать структуру модели в поэтапном режиме, делая её ясной и удобной для восприятия для ее участников, разделив ее на отдельные уровни и диаграммы.

В результате проведенного проектирования возникает потребность во внедрении ИС, которая позволит оптимизировать процессы строительного магазина, а именно их подготовку к выдаче, выдачу и ведение статистики. При внедрении, автоматизируется процесс заполнения отчетов магазина, а также ведется автоматическое отслеживание готовых заказов.

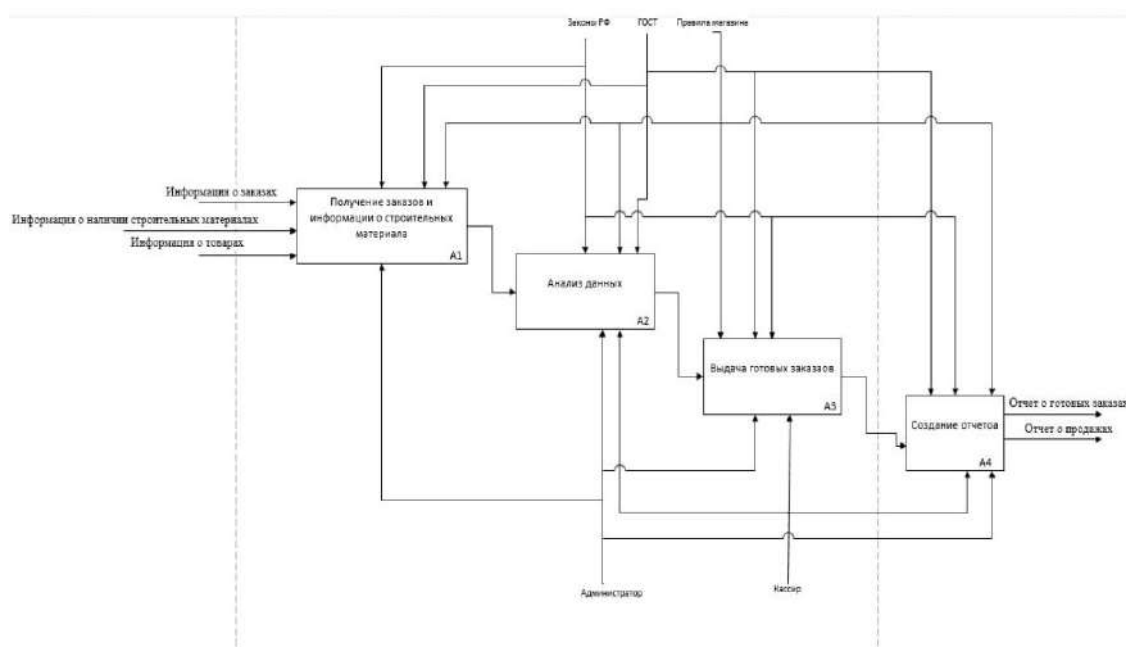


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции «КАК ЕСТЬ»

Проектированием ИС заканчивается, однако остается провести диаграмму «КАК БУДЕТ», которая визуальнo показывает все положение дел, когда ИС внедрена (рисунок 3).

Входные данные: Информация об онлайн-заказах компаний, информация о клиентах, информация о товарах.

Выходные данные: отчет о готовых заказах, отчет об остатках на складе, отчет о продажах.

Управление: администратор, ИС, кассир.

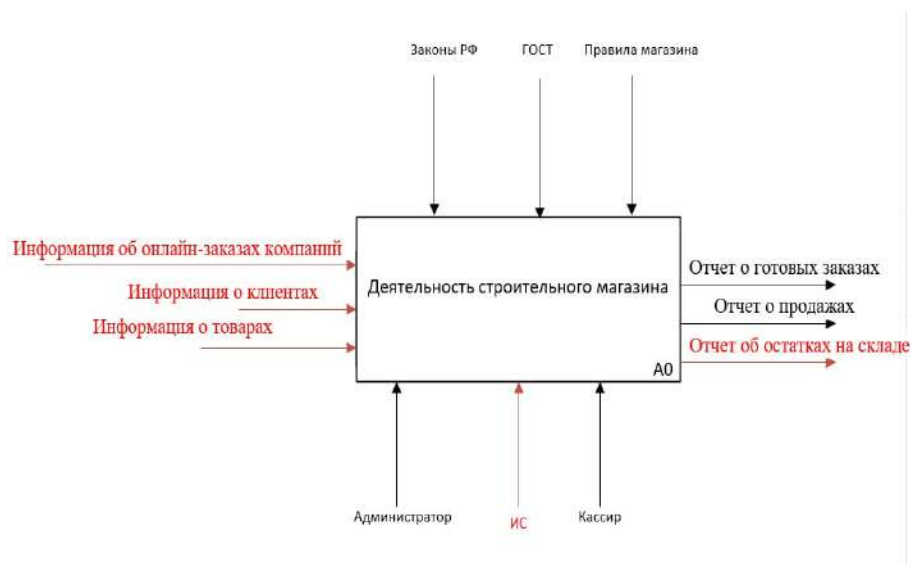


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма «КАК БУДЕТ»

В результате декомпозиции диаграммы «КАК БУДЕТ» были внесены изменения в функциональный блоки A3 «Онлайн отправка готовых заказов» и A4 «Генерация электронного отчета» (рисунок 4).

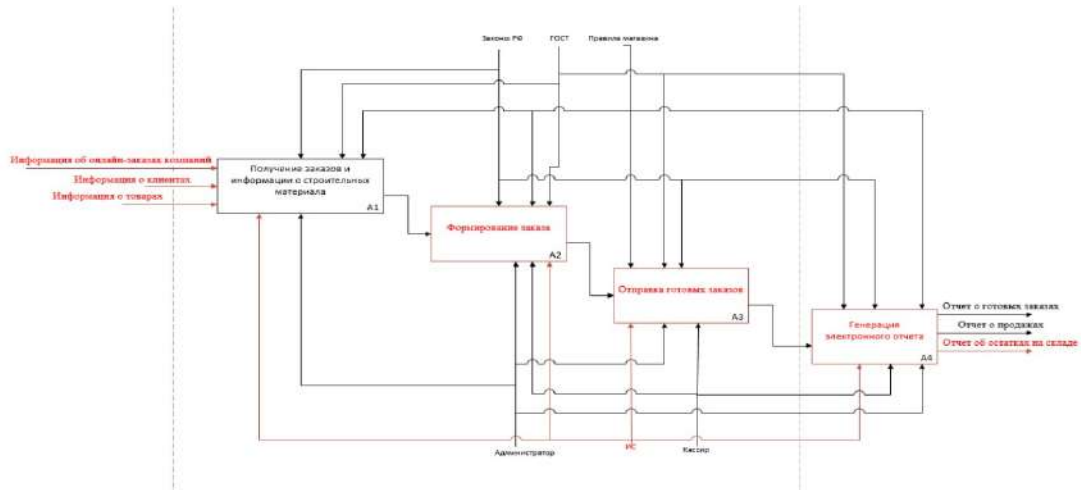


Рисунок 4 – Диаграмма декомпозиции «КАК БУДЕТ»

После внедрения ИС процесс заполнения отчетов стал автоматическим. Кроме того, был автоматизирован процесс отслеживания выполнения заказов и учет статуса, что в свою очередь повысило эффективность работы системы.

Декомпозиция блока «Отправка готовых заказов» в IDEF3 описывает подробные этапы, которые начинаются с проверки готовности заказа и приводят к передаче порции клиенту или транспортной компании. Этапы распределяются на элементарные шаги, чтобы обеспечить понимание процесса его выполнения (рисунок 5).

На начальном этапе проводится проверка готовности заказа. В этом процессе участвует склад, информация об оплате, а также клиент. Задача – убедиться, что в заказе все позиции в наличии, что информация о клиенте и его адресе доставки верны. Следующий шаг – предполагаемый переход к другому этапу.

Далее происходит упаковка товара. Ее предваряет заготовка упаковки, сам процесс упаковки и пометки упаковки. Смысл упаковки – обеспечить сохранность груза на пути, выбрав необходимые материалы и способы упаковки. На упаковке должны быть: номер заказа, адрес доставки, индикации определенные.

Затем выясняется алгоритм доставки товара. Осуществляется учет желания клиентов, определенное расстояние до адреса получателя, а также стоимость перевозок. Выбирается оптимальная логистическая модель, рассчитывается маршрут и производится оформление заявки.

Далее происходит обработка необходимых бумаг – накладной, счет-фактуры и других по необходимости. Они генерируются автоматически по данным заказа и подлежат обязательной юридической проверке, особенно при международной логистике.

И наконец, заказ доводится до клиентов потребителями – физически или виртуально. В первом случае его забирает представитель компании с документами к создаваемым, во втором он забирается клиентом самостоятельно с пункта выдачи после сообщения о готовности заказа.

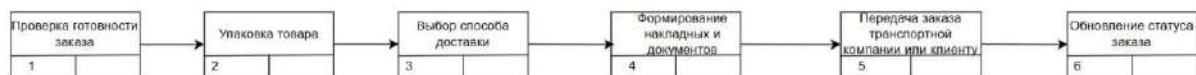


Рисунок 5 – Декомпозиция блока «Отправка готовых заказов» IDEF3

В результате проектирование информационной системы было решено создать информационную систему, способно устранить выявленные недочеты и эффективно решить поставленные задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системотехника и структура системоквантов организационно-технологической надежности в строительстве / С. Г. Абрамян, О. Е. Емельянова, О. В. Оганесян [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 4. – EDN IUTKWM
2. Васильченко, К. Совершенствование управленческого учета на предприятии строительной отрасли / К. Васильченко // Теория и практика модернизации научной деятельности в условиях цифровизации : Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Саратов, 27 октября 2022 года. – Sterlitamak: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2022. – С. 104-109. – EDN KZPXJT
3. Громов, А. И. Управление бизнес-процессами: современные методы : монография / А. И. Громов, А. Фляйшман, В. Шмидт ; под редакцией А. И. Громова. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 367 с. – (Актуальные монографии). – ISBN 978-5-534-03094-5. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/560423>

Колчар Владимир Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент инженерингового колледжа НИУ «БелГУ», кафедры ЦМК Информационных систем и программного обеспечения
Email: 1549430@bsuedu.ru

Калюжная Мальвина Максимовна

Муниципальное общеобразовательное учреждение «Тавровская средняя общеобразовательная школа «Формула Успеха» Белгородского района Белгородской области»
Ученица 7 «А» класса
Email: mvlady2019@yandex.ru

Выродова Лилия Викторовна

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 16» (г. Белгород, Россия)
Заместитель директора, учитель математики
Email: vyrodovalv@mail.ru

УДК 004.43

Научный руководитель:
Ломакин Владимир Васильевич,
доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Д.С. КОТИКОВ
D.S. KOTIKOV

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПИЛЯТОРОВ

APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN COMPILER OPTIMIZATION TASKS

В статье рассматриваются подходы к применению машинного обучения (ML) для оптимизации компиляторов. Исследуются методы автоматизации выбора последовательностей оптимизаций и адаптации к целевым архитектурам. Анализируются преимущества ML по сравнению с эвристическими методами, а также ограничения, связанные с вычислительными затратами и качеством данных. Приводятся примеры интеграции ML в компиляторы, такие как LLVM, и обсуждаются перспективы развития.

Ключевые слова: машинное обучение, компиляторы, оптимизация кода, нейронные сети, LLVM.

The article explores the application of machine learning (ML) in compiler optimization. It investigates methods for automating optimization sequence selection and adaptation to target architectures. The advantages of ML over heuristic approaches and limitations related to computational costs and data quality are analyzed. Examples of ML integration in compilers, such as LLVM, are presented, along with prospects for future development.

Keywords: machine learning, compilers, code optimization, neural networks, LLVM.

Компиляторы являются важнейшим компонентом разработки программного обеспечения, обеспечивая преобразование высокоуровневого кода в машинные инструкции. Оптимизация кода, выполняемая на этапе компиляции, направлена на повышение производительности программ, снижение энергопотребления и минимизацию времени выполнения. Традиционные методы оптимизации, такие как устранение общих подвыражений, векторизация циклов и инлайн-функции, основаны на эвристических алгоритмах. Однако их эффективность ограничена сложностью современных программ и разнообразием аппаратных архитектур, включая многоядерные процессоры, GPU и специализированные ускорители.

Машинное обучение (ML) открывает новые возможности для автоматизации и улучшения процессов оптимизации. ML-модели, обученные на больших наборах данных, способны предсказывать оптимальные последовательности оптимизаций, адаптируясь к конкретным программам и платформам. Цель данной статьи – проанализировать текущие подходы к применению ML в задачах оптимизации компиляторов, оценить их эффективность, выявить ограничения и определить перспективы дальнейших исследований. В работе рассматриваются ключевые аспекты: выбор ML-моделей, формирование обучающих данных, интеграция с компиляторами и влияние на производительность.

Традиционные методы оптимизации компиляторов, реализованные в системах GCC, LLVM и других, используют статический анализ кода и фиксированные наборы преобразований. Например, LLVM поддерживает более 50 оптимизационных проходов, включая устранение мертвого кода, редукцию силы операций и распараллеливание циклов. Однако выбор оптимальной комбинации проходов остается сложной задачей, требующей

ручной настройки или эмпирического тестирования. Это особенно актуально для специализированных архитектур, таких как ARM или RISC-V, где стандартные флаги компиляции (например, -O3) могут быть неэффективны.

С развитием машинного обучения появились альтернативные подходы. В работе [1] описывается использование сверточных нейронных сетей (CNN) для предсказания флагов компиляции, что позволило сократить время выполнения программ на 10–15%. Исследование [2] демонстрирует применение деревьев решений для выбора последовательностей оптимизаций в LLVM, обеспечивая ускорение до 8% для определенных программ. Другие работы [3] сосредоточены на использовании методов обучения с подкреплением (Reinforcement Learning, RL), где агент обучается выбирать оптимальные проходы, максимизируя метрики производительности. Например, в [3] модель RL, основанная на Q-learning, показала сокращение энергопотребления на 12% для встраиваемых систем.

Несмотря на успехи, ML-подходы сталкиваются с рядом проблем. Во-первых, обучение моделей требует больших объемов данных, включая профили программ и метрики производительности. Во-вторых, вычислительная сложность обучения и вывода может быть неприемлемой для компиляторов реального времени. В-третьих, модели могут переобучаться на специфических наборах данных, что снижает их универсальность. Эти ограничения подчеркивают необходимость дальнейших исследований в области адаптивных и масштабируемых ML-решений.

Для анализа эффективности ML в оптимизации компиляторов были рассмотрены три типа моделей: сверточные нейронные сети (CNN), деревья решений и модели с подкреплением (RL). Каждая модель решает задачу предсказания оптимальной последовательности оптимизационных проходов на основе промежуточного представления (IR) программы в формате LLVM.

1. Сверточная нейронная сеть (CNN). Модель принимает IR программы в виде графа потока данных и метрики производительности (время выполнения, энергопотребление). Выход – вероятностное распределение по набору оптимизационных проходов. Функция потерь определяется как:

$$L = \sum (T_{opt} - T_{pred})^2 \quad (1)$$

где T_{opt} – время выполнения программы с оптимальной последовательностью, T_{pred} – время с предсказанной последовательностью.

2. Деревья решений. Модель использует признаки программы (количество циклов, ветвлений, объем памяти) для выбора последовательности оптимизаций. Преимущество – высокая интерпретируемость, недостаток – ограниченная способность к обобщению.

3. Модель с подкреплением (RL). Агент обучается в среде, где состояние – текущее IR программы, действие – выбор оптимизационного прохода, награда – уменьшение времени выполнения или энергопотребления. Q-функция обновляется по формуле:

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha[r + \gamma \times \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a)] \quad (2)$$

где s – текущее состояние, a – действие, r – награда, α – скорость обучения, γ – коэффициент дисконтирования.

Обучающая выборка формировалась на основе тестового набора SPEC CPU2017, включающего программы с различными характеристиками (вычислительная интенсивность, доступ к памяти). Для каждой программы генерировались профили производительности с 100 различными комбинациями оптимизаций. Эксперименты проводились на сервере с GPU NVIDIA A100, компилятором LLVM 15.0 и Python-библиотеками TensorFlow (для CNN) и Gym (для RL).

Схема интеграции ML-модели в процесс компиляции представлена на рисунке 1. Модель взаимодействует с компилятором на этапе анализа IR, передавая рекомендации оптимизатору.

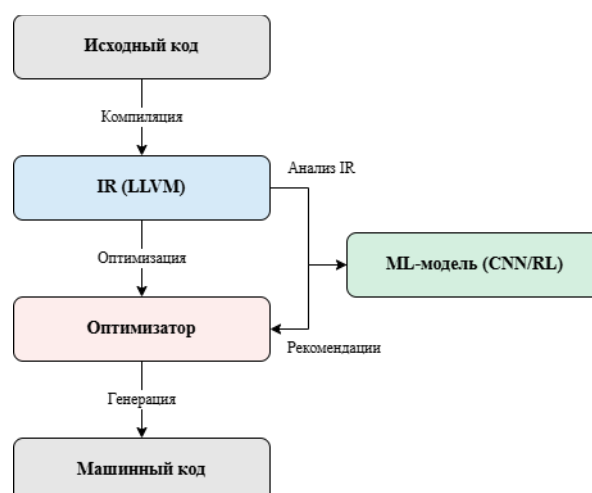


Рисунок 1 – Схема интеграции ML-модели в компилятор

Эксперименты проводились на наборе программ SPEC CPU2017 с использованием компилятора LLVM 15.0. В таблице 1 приводится сравнение производительности программ, оптимизированных традиционным методом (флаг -O3) и ML-моделью.

Таблица 1 – Сравнение производительности оптимизаций

Программа	Время выполнения, -O3 (с)	Время выполнения, CNN (с)	Время выполнения, RL (с)	Ускорение, CNN (%)	Ускорение, RL (%)
500.perlbench_r	12,5	11,2	11,0	10,4	12,0
502.gcc_r	15,3	13,8	13,5	9,8	11,8
505.mcf_r	10,8	9,9	9,7	8,3	10,2

CNN-модель обеспечила ускорение на 8-10%, RL-модель – на 10-12%. Деревья решений показали худшие результаты (ускорение 5-7%), что связано с их ограниченной способностью к обработке сложных программных графов.

Сравнение ML-моделей по дополнительным метрикам приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение ML-моделей по дополнительным метрикам

Модель	Ускорение (%)	Энергопотребление (Вт)	Время обучения (ч)	Интерпретируемость
CNN	8-10	85	100	Низкая
Деревья решений	5-7	90	20	Высокая
RL	10-12	80	150	Средняя

Зависимость времени выполнения программы 500.perlbench_r от числа примененных оптимизаций для -O3, CNN и RL представлена на рисунке 2.

Энергопотребление, измеренное на тестовом стенде, показало, что RL-модель снижает энергозатраты на 5-7% по сравнению с -O3, что особенно важно для мобильных и встраиваемых устройств. Однако обучение RL-модели занимало 150 часов, что значительно больше, чем для CNN (100 часов) или деревьев решений (20 часов).

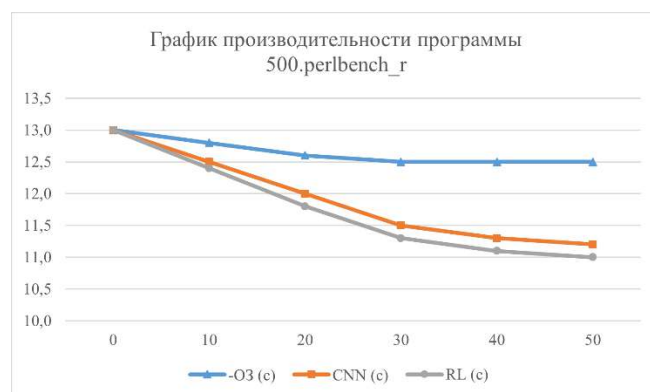


Рисунок 2 – Зависимость времени выполнения от числа примененных оптимизаций

Основные ограничения ML-подходов включают:

- 1) высокую стоимость обучения, особенно для RL-моделей;
- 2) необходимость регулярного обновления моделей для новых архитектур;
- 3) риск переобучения на специфических наборах данных;
- 4) ограниченную интерпретируемость предсказаний, особенно для нейронных сетей.

Перспективы развития связаны с интеграцией ML-моделей в реальном времени, использованием федеративного обучения для объединения данных от разных платформ и разработкой гибридных подходов, сочетающих эвристики и ML.

Применение машинного обучения в задачах оптимизации компиляторов демонстрирует значительный потенциал, обеспечивая ускорение программ на 8-12% и снижение энергопотребления на 5-7% по сравнению с традиционными методами. Наиболее эффективными оказались модели с подкреплением, хотя их обучение требует значительных ресурсов. Ограничения, связанные с вычислительными затратами и качеством данных, подчеркивают необходимость дальнейших исследований. В будущем ожидается развитие адаптивных ML-моделей, способных работать в реальном времени и поддерживать широкий спектр архитектур, а также интеграция с компиляторами для автоматизации настройки под конкретные задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith J., Brown T. Machine Learning for Compiler Optimization: A Survey // Journal of Computer Science. – 2023. – Vol. 45, No. 3. – P. 123–135. – DOI: 10.1007/s11227-022-04912-3.
2. Ivanov A.A., Petrov B.B. Neural Networks in Code Optimization // Proceedings of the International Conference on Software Engineering. – 2024. – P. 56–62. – DOI: 10.1109/ICSE.2024.00015.
3. Lee S., Kim H. Reinforcement Learning for Compiler Optimization // ACM Transactions on Programming Languages and Systems. – 2024. – Vol. 46, No. 2. – P. 78–92. – DOI: 10.1145/3591234.
4. LLVM Project. The LLVM Compiler Infrastructure [Электронный ресурс]. – URL: <https://llvm.org/> (дата обращения: 17.04.2025).
5. SPEC CPU2017. Standard Performance Evaluation Corporation [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.spec.org/cpu2017/> (дата обращения: 18.04.2025).

Котиков Даниил Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1484540@bsuedu.ru

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Игрунова Светлана Васильевна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

В.Ю. КРИТСКАЯ, Е.В. НЕСТЕРОВА, В.А. ДУНАЕВА
V.Y. KRITSKAIA, E.V. NESTEROVA, V.A. DUNAEVA

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРИ КРИТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ В IT-КОМПАНИЯХ

AUTOMATED PROCESS DOCUMENTATION SYSTEMS TO MINIMIZE CRITICAL KNOWLEDGE LOSS IN IT COMPANIES

В современных IT-компаниях высокая текучесть кадров часто приводит к потере критических знаний, особенно неявных, которые сложно формализовать и передать. Для решения этой проблемы предлагается внедрение автоматизированной системы документирования процессов, основанной на использовании CI/CD-платформ и внутренних баз знаний. В статье обсуждаются основные стратегии управления знаниями, такие как кодификация и персонализация, а также приводится сравнительный анализ популярных систем управления знаниями (Confluence, Notion, Wiki, GitLab CI/CD). Описаны этапы разработки системы и методы оценки ее эффективности, включая скорость поиска информации, полноту документирования и вовлеченность сотрудников.

Ключевые слова: управление знаниями, автоматизация документирования, IT-компании, CI/CD, базы знаний, кодификация знаний, персонализация знаний.

High staff turnover in modern IT companies often leads to the loss of critical knowledge, particularly tacit knowledge, which is difficult to formalize and transfer. To address this issue, it is proposed to implement an automated process documentation system based on CI/CD platforms and internal knowledge bases. The article discusses key knowledge management strategies, such as codification and personalization, and provides a comparative analysis of popular knowledge management systems (Confluence, Notion, Wiki, GitLab CI/CD). The stages of system development and methods for evaluating its effectiveness are described, including information search speed, documentation completeness, and employee engagement.

Keywords: knowledge management, documentation automation, IT companies, CI/CD, knowledge bases, knowledge codification, knowledge personalization.

Динамично развивающаяся IT-отрасль сопровождается рядом проблем для технологических компаний, таких как высокая текучесть кадров, что ведет к потере накопленных сотрудниками знаний, в особенности неявных знаний, которые сложно передать без формализации [1]. Это, в свою очередь, усложняет процесс онбординга новых сотрудников, снижает общее качество работы и, как следствие, уменьшает прибыль компании. Отсутствие или недостаточная документация ключевых процессов увеличивает риск утраты знаний при уходе работников. Для решения данной проблемы предлагается разработка автоматизированной системы документирования процессов, например, с использованием CI/CD-платформ и внутренних баз знаний. Эффективность системы предполагается оценивать с помощью анализа времени поиска информации, уровня удовлетворенности пользователей и улучшения качества передачи знаний в компании.

Управление знаниями представляет собой систематические процессы, включающие создание, сбор, накопление, хранение, распространение и применение знаний внутри организации. В современных компаниях в управлении знаниями выделяются две основные стратегии: стратегия, ориентированная на кодификацию знаний, и стратегия, ориентированная на персонализацию знаний [5].

Знания в свою очередь подразделяются на три типа: явные, формализованные, которые можно зафиксировать в документах, базах данных и информационных системах; неявные, такие как личный опыт, навыки и интуиция, которые сложно формализовать и передать; и потенциально явные знания, которые еще не зафиксированы, но могут быть преобразованы в явную форму.

Процесс управления знаниями можно разделить на несколько этапов, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Процесс управления знаниями

На сегодняшний день существует множество методов управления знаниями. К ним относятся как централизованные системы (например, большие базы данных или Wiki-системы), так и децентрализованные подходы (например, инструменты для совместной работы, такие как Slack или Microsoft Teams) [2].

На рынке существует большое количество информационных систем, позволяющих компаниям эффективно управлять знаниями. Сравним самые популярные из них в таблице 1 [7]. Исходя из данных таблицы можно сделать вывод о некоторых различиях сервисов. Например, Confluence подходит для компаний, которые активно используют Jira для управления проектами и хотят интегрировать документацию с процессами разработки. Notion чаще используется небольшими командами или стартапами, которым нужна простота в работе с базами данных и заметками. Wiki является традиционным инструментом для накопления и обмена знаниями, что делает его подходящим для крупных организаций с большими объемами данных и необходимостью архивирования. GitLab CI/CD более специфичен и ориентирован на автоматизацию процессов разработки, больше подходит для компаний, которые работают по методологии DevOps.

Так, например, в Google активно используют внутренние Wiki-системы и базы знаний для документирования процессов разработки, архитектуры приложений и внутренней политики. Они используют такие системы, как Google Docs, Confluence, а также активно развивают внутренние форумы для обмена знаниями [4]. Microsoft имеет разнообразные системы управления знаниями, включая SharePoint и OneNote, которые используются для создания баз данных, хранения документации, и обмена знаниями между командами. В дополнение они активно используют GitHub для управления кодом и документацией. В Spotify активно используются Slack, Notion и Confluence для обмена

знаниями между различными командами. Компания также применяет принципы DevOps, где документирование процессов и решений происходит параллельно с процессом разработки [3].

Таблица 1 – Сравнение ИС для управления знаниями

Система	Основные особенности	Тип использования	Подходит для	Интеграция и совместная работа	Основные преимущества
Confluence	Платформа для создания вики-страниц, хранения документации, процессных карт, схем.	Коллективная работа над документами, создание вики-страниц.	Средние и крупные компании IT-отрасли.	Интеграция с Jira и другими инструментами Atlassian.	Совместная работа в реальном времени, поддержка проекта и документации, гибкая настройка прав доступа.
Notion	Гибкая платформа для создания баз данных, заметок, календарей и задач.	Легкая документация, создание базы данных, заметок.	Стартапы, малые и средние компании.	Интеграция с Google Drive, Slack, Trello.	Гибкость в создании структур, простота в использовании, возможность интеграции с сервисами.
Wiki	Традиционные вики-системы для коллективной документации, включая технические спецификации.	Хранение и обмен внутренними знаниями.	Средние и крупные компании.	Может интегрироваться с внутренними корпоративными платформами.	Простой интерфейс, нацеленность на накопление знаний, широкое распространение в крупных компаниях.
GitLab CI/CD	Автоматизированный процесс разработки с возможностью автоматического развертывания документации	Разработка кода, поддержка документации через CI/CD.	Компании с DevOps практиками, технические команды.	Интеграция с GitHub, Jira, Jenkins и другими CI/CD инструментами.	Автоматизация процессов, актуальность документации в реальном времени, интеграция с разработкой.

Создание автоматизированной системы документирования в компании предполагает комбинированный подход, который начинается с выбора технологий и инструментов. К ним могут относиться платформы для управления знаниями (Confluence, Notion, корпоративные Wiki), далее следует выбор инструментов автоматизации обновления документации GitLab CI/CD, Jenkins и применение интеграционных решений таких как REST API для объединения разрозненных баз знаний и внутренних систем.

Стандартно для разработки системы выделяют 4 этапа, выделенные на рисунке 2.

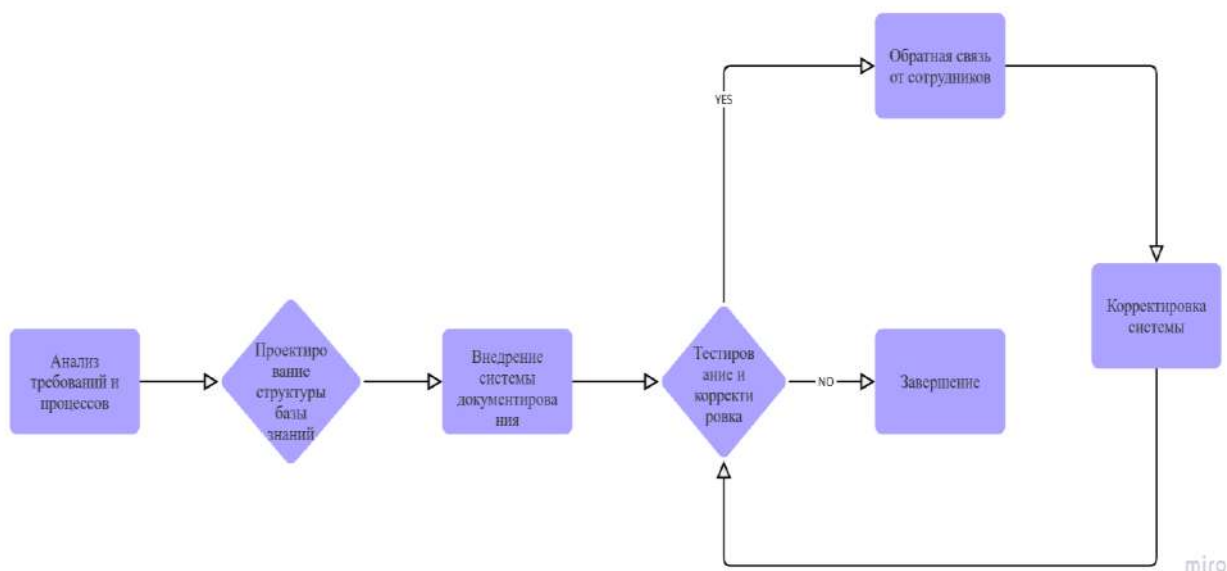


Рисунок 2 – Этапы разработки системы документирования

Для количественной и качественной оценки эффективности внедрения информационной системы используются как качественные, так и количественные методы [6]. К ним относится до-после анализ, сравнивающий показатели потери знаний и доступности информации до и после внедрения системы. Также необходимо провести опросов среди сотрудников для выявления их удовлетворенности, вовлеченности и доступности знаний. Кроме того, необходимо замерить скорость доступа к критической информации и частоты запросов к системе до и после автоматизации, критерии представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Критерии сравнения эффективности системы

Критерий	Описание	Метод измерения
Скорость доступа	Время, необходимое сотрудникам для поиска и получения необходимой информации.	Замер времени на выполнение типичных запросов.
Полнота информации	Доля критических знаний, зафиксированных и доступных в системе.	Проверка наличия документации по ключевым темам.
Вовлеченность сотрудников	Уровень активности сотрудников в создании и обновлении базы знаний.	Анализ количества и частоты обновлений, опрос.
Частота обращений	Количество запросов к системе для поиска информации.	Логирование и анализ запросов к системе.
Снижение зависимости от ключевых сотрудников	Степень уменьшения критической зависимости от отдельных сотрудников.	Сравнение количества запросов к экспертам до/после.

Для оценки влияния внедряемой информационной системы на сохранение и передачу критических знаний между сотрудниками предлагается использовать следующую упрощенную таблицу 3.

Таблица 3 – Пример оценки эффективности внедряемой информационной системы

Показатель	До внедрения	После внедрения
Скорость поиска информации	В среднем 12 мин на запрос	4 минуты на запрос
Полнота документирования	Частичное (до 60% ключевых процессов)	Полное (90% ключевых процессов)
Вовлеченность сотрудников	15% сотрудников вносят данные	45% сотрудников обновляют базу регулярно

Такой комплексный подход позволит объективно оценить, насколько автоматизированная система снижает потери знаний и улучшает доступ к информации.

Таким образом, разработка и внедрение автоматизированной системы документирования процессов, учитывающей особенности и специфику деятельности компании, форматы обрабатываемых документов, учет выполнения этапов разработки документов, фиксирующих фазы выполнения рабочих процессов, позволит минимизировать потерю ключевых знаний при уходе сотрудников, посредством фиксирования и сохранения динамических данных в базе знаний. А также в качестве перспективы дальнейшего исследования темы является разработка моделей предсказания областей риска, где знания наиболее уязвимы к потере, с целью предотвращения утраты ключевой информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53894-2016. Менеджмент знаний. Термины и определения.
2. Davenport T.H., Prusak L. Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Harvard Business School Press, 1998.
3. GitLab Documentation on CI/CD Integration. Available at: <https://docs.gitlab.com>.
4. Google Knowledge Management Practices. Available at: <https://pollyhelp.com/leveraging-googles-knowledge-management-strategy-for-business-innovation/>
5. Hansen M.T., Nohria N., Tierney T. What's Your Strategy for Managing Knowledge? Harvard Business Review, 1999.
6. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. Harvard Business School Press, 1996.
7. Nonaka I., Takeuchi H. The Knowledge-Creating Company. Oxford University Press, 1995.

Критская Виолетта Юрьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: kritskaiavio@gmail.com

Нестерова Елена Викторовна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: nesterova@bsuedu.ru

Дунаева Виктория Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: dunaeva@bsuedu.ru

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Лазарев Сергей Александрович,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Д.А. МАРЧЕНКО
D.A. MARCHENKO

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ РЕПЛИКАЦИИ И РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

ANALYSIS OF MODERN METHODS OF DATA REPLICATION AND BACKUP IN DISTRIBUTED SYSTEMS

В статье рассматриваются современные методы репликации и резервирования данных в распределенных системах, обеспечивающие отказоустойчивость и высокую доступность. Анализируются ключевые подходы, включающие синхронную и асинхронную репликацию, а также алгоритмы консенсуса (например, Paxos и Raft). Особое внимание уделено балансу между согласованностью, доступностью и устойчивостью к разделению (CAP-теорема).

Ключевые слова: автоматизация, репликация, резервное копирование, требования, методы, алгоритмы, консенсус.

The article discusses modern methods of data replication and backup in distributed systems that ensure fault tolerance and high availability. Key approaches including synchronous and asynchronous replication, and consensus algorithms (for example, Paxos and Raft) are analyzed. Special attention is paid to the balance between consistency, accessibility, and separation tolerance (CAP theorem).

Keywords: automation, replication, backup, requirements, methods, algorithms, consensus.

Современные распределенные системы сталкиваются с необходимостью обеспечения высокой доступности, отказоустойчивости и согласованности данных при работе в условиях сетевых задержек, сбоев оборудования и географической распределенности. Одним из ключевых механизмов, позволяющих достичь этих целей, являются методы репликации и резервирования данных. Репликация обеспечивает дублирование информации на нескольких узлах, что повышает надежность системы, в то время как резервирование позволяет восстанавливать данные после сбоев.

Однако выбор стратегии репликации (синхронной или асинхронной), алгоритмов консенсуса (Paxos, Raft) и методов шардинга напрямую влияет на производительность, согласованность и доступность системы. CAP-теорема (Consistency, Availability, Partition tolerance) задает фундаментальные ограничения, с которыми приходится балансировать при проектировании распределенных хранилищ данных.

Целью данной статьи является анализ современных методов репликации и резервирования данных в распределенных системах, оценка их эффективности, а также выявление оптимальных подходов для различных сценариев использования. В работе рассматриваются ключевые технологии, алгоритмы и практики, позволяющие обеспечивать отказоустойчивость, высокую доступность и согласованность данных.

Репликация данных – это способ организации хранения данных, в котором каждый элемент данных хранится в нескольких копиях, размещенных на разных серверах [1].

Резервное копирование – это процесс создания дубликатов данных (бэкапов), обеспечивающий их сохранность и доступность в случае потери или повреждения оригинальных файлов или системы [2].

При проектировании систем репликации и резервирования данных необходимо учитывать следующие ключевые требования:

1. Доступность (Availability):
 - обеспечение бесперебойного доступа к данным даже при частичных сбоях;
 - минимизация времени простоя (downtime).
2. Отказоустойчивость (Fault Tolerance):
 - возможность системы продолжать работу при отказах отдельных узлов или сетевых разделений (partitions);
 - автоматическое переключение на резервные узлы (failover).
3. Согласованность (Consistency):
 - гарантия актуальности данных во всех репликах (strong, eventual или промежуточные уровни согласованности);
 - поддержка ACID-транзакций или компромиссы в распределенных системах (BASE).
4. Производительность (Performance):
 - минимизация задержек при записи и чтении данных;
 - эффективное использование ресурсов (CPU, память, сеть).
5. Масштабируемость (Scalability):
 - возможность горизонтального и вертикального масштабирования;
 - распределение нагрузки между узлами (шардинг, балансировка).
6. Надежность хранения (Durability):
 - гарантия сохранности данных даже после сбоев (например, запись на диск или в устойчивое хранилище);
 - защита от потери данных при аппаратных отказах.
7. Восстановление после сбоев (Recovery):
 - быстрое восстановление данных из резервных копий;
 - минимизация потерь (RPO – Recovery Point Objective) и времени восстановления (RTO – Recovery Time Objective).
8. Безопасность (Security):
 - шифрование данных при передаче и хранении;
 - контроль доступа и аудит изменений.
9. Экономическая эффективность (Cost Efficiency):
 - оптимизация затрат на хранение и репликацию;
 - выбор стратегии в зависимости от критичности данных (холодное/горячее резервирование).

Рассмотрим основные методы репликации и резервирования данных. Каждый метод обладает как сильными, так и слабыми сторонами. Каждая компания, при выборе метода репликации и резервирования в первую очередь смотрят на потребности своей базе данных и на основании этого выбирают то, какие аспекты для них играют первостепенную и второстепенную роль. Согласно CAP системе, сформулированная Эриком Брюэром в 2000 году, невозможно разработать систему, которая гарантировала бы соблюдение всех свойств.

Способы резервного копирования:

1) Логическое копирование данных, также известное как создание дампа, [3] представляет собой метод резервного копирования, при котором данные сохраняются в виде файловой структуры или специального формата, который может быть восстановлен при необходимости. Этот метод обычно используется для резервного копирования баз данных или приложений, где сохраняется состояние системы в целом.

2) Физическое копирование данных представляет собой процесс создания точной копии физических файлов, содержащих данные, без интерпретации их содержимого [3]. Этот метод копирования включает в себя копирование самих файлов базы данных, журналов транзакций и других системных файлов, не зависящих от структуры данных.

Способы репликации данных:

1) Синхронная репликация – это процесс одновременной записи данных в две системы, а не по одной за раз. Она позволяет одновременно обновлять несколько хранилищ и часто используется в сети хранения данных (SAN), локальной сети (LAN), беспроводной сети или другом типе сегментированной системы.

2) Асинхронная репликация копируют данные в реплику после того, как данные уже записаны в основное хранилище. Этот процесс репликации обычно выполняется по расписанию. Например, операции записи могут периодически (например, каждую минуту) передаваться в реплику пакетами.

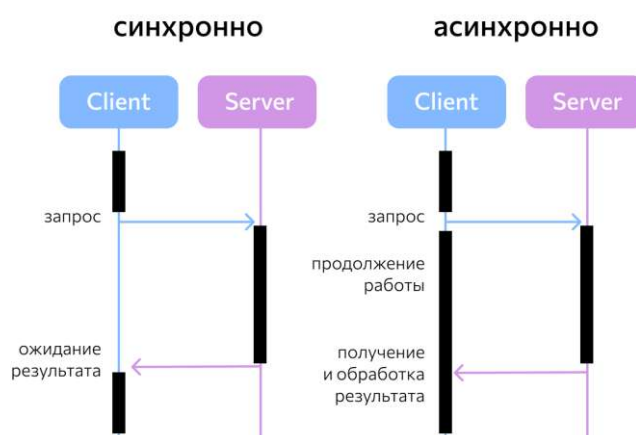


Рисунок 1 – Схема синхронной и асинхронной репликации

Рассмотрим алгоритмы обеспечения согласованности. Эти алгоритмы являются критически важным, так как они определяют фундаментальные свойства системы, прямо влияют на архитектурные решения и решают ключевые проблемы распределённых систем.

Алгоритм Paxos был разработан Лесли Лэмпортом в конце 20-го века. Суть алгоритма заключается в процессе, в ходе которого участники системы (пропозеры, акцепторы и лернеры) взаимодействуют по строго определенным правилам, чтобы прийти к единому согласованному решению [4]. Основные этапы алгоритма включают предложение значения (proposal), голосование за предложение и подтверждение (acceptance) предложенного значения большинством узлов.

На фазе предложения процесс инициирует предложение с некоторым значением, которое он хочет, чтобы система приняла. Однако прежде чем предложение будет принято, оно должно быть одобрено большинством участников системы, известных как акцепторы.

Процесс начинается с того, что он выбирает уникальный номер предложения (часто это просто монотонно возрастающий номер) и отправляет запрос на предложение всем акцепторам.

После получения запроса на предложение акцепторы решают, поддержать ли это предложение. Когда акцептор получает предложение, он проверяет, не дал ли он уже обещание поддержать предложение с более высоким номером. Если нет, он отправляет обратно пропозеру подтверждение своей готовности поддержать предложение (при этом он также обязуется не поддерживать предложения с меньшим номером в будущем). Если пропозер получает достаточное количество подтверждений (большинство), фаза подтверждения завершается успешно, и предложение считается принятым.

Raft был создан с целью быть более понятным и легким в реализации по сравнению с его предшественником, Paxos.

В основе Raft лежит концепция лидера [5]. В любой момент времени в кластере может быть только один лидер, который управляет всеми операциями репликации. Лидер начинает обрабатывать запросы от клиентов, добавляя их в свой лог как новые записи. Затем лидер реплицирует эти записи на другие узлы и ждет, пока большинство узлов

подтвердит успешное копирование. После получения подтверждений от большинства узлов лидер применяет запись к своему состоянию и сообщает клиентам об успешном выполнении операции.

Raft разделяет время на термины, которые представляют собой непрерывные периоды, в течение которых один узел действует в качестве лидера. Термины помогают узлам оставаться синхронизированными и обеспечивают механизм для обработки изменений лидерства.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов

Критерий	Paxos	Raft
Цель	Обеспечение консенсуса в распределенных системах с высокой степенью надежности.	Упрощение процесса достижения консенсуса и обеспечение легкости понимания и реализации.
Сложность понимания	Высокая. Paxos известен своей теоретической сложностью и абстрактностью.	Низкая. Raft разработан для того, чтобы быть более понятным и доступным.
Структура лидерства	Неявная. Лидерство не является центральной частью алгоритма, хотя в целом можно реализовать	Явная. Raft строится вокруг концепции лидера, что упрощает управление и репликацию
Процесс выборов	Не определен в базовом алгоритме	Четко определенный процесс с периодами выборов и тайм-аутами
Репликация данных	Основана на предложении и принятии «предложений» среди узлов.	Лидер принимает записи в лог и реплицирует их на последователей, обеспечивая согласованность
Обработка сбоев	Сложная, требует дополнительных механизмов для обработки переходов и выборов	Встроенная поддержка обработки сбоев и автоматическое переизбрание лидера.
Применение	Используется в теоретических исследованиях и некоторых специализированных реализациях.	Применяется в практических распределенных системах, таких как etcd, CockroachDB.
Легкость реализации	Сложная для реализации из-за абстрактности и тонкостей алгоритма	Проще в реализации благодаря структуре и документации.

Современные распределённые системы требуют тщательно продуманных стратегий репликации и резервирования данных для обеспечения высокой доступности, отказоустойчивости и согласованности. В ходе анализа были рассмотрены ключевые методы, включая синхронную и асинхронную репликацию, алгоритмы консенсуса (Paxos, Raft), а также различные подходы к резервному копированию. Несмотря на существующие технические сложности, современные методы репликации и резервирования позволяют создавать устойчивые и масштабируемые системы, способные обрабатывать экзатбайты данных при минимальных простоях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сомов, С.К. Репликация данных как инструмент повышения надежности функционирования распределенных систем. / С.К. Сомов // Информационные технологии и вычислительные системы. - 2018. – № 3. – с. 69-79. - (Обработка и анализ данных) – Текст: непосредственный

2. Gilbert, S. Perspectives on the CAP Theorem / Seth Gilbert, Nancy A. Lynch – Текст: непосредственный // Computer: журнал - 2012. Том 45, номер 2, с. 30–36

3. Иванов, Н.А. Средства резервного копирования и восстановления данных в операционных системах Windows и Linux / Н.А. Иванов – Московский государственный строительный университет – Москва.

4. Lamport, Leslie. Paxos Made Simple – Текст: непосредственный // ACM SIGACT News: журнал – 2001. Том 32, номер 4, с. 40-51.

5. Ongaro, D, Ousterhout J. In Search of an Understandable Consensus Algorithm. / Diego Ongaro, John Ousterhout – Текст: непосредственный // Annual Technical Conference USENIX – Конференция – 2012. 19 – 20 июня.

Марченко Дмитрий Андреевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: dmitriy_marchenko_7@mail.ru

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Лазарев Сергей Александрович,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Д.А. МАРЧЕНКО
D.A. MARCHENKO

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ ANALYSIS OF MODERN DATA CLUSTERING METHODS

В статье проводится анализ современных методов кластеризации данных, включая классические алгоритмы (K-means, DBSCAN, иерархическая кластеризация) и перспективные подходы на основе глубокого обучения. Рассмотрены их преимущества, недостатки и области применения. Статья будет полезна специалистам в области анализа данных, машинного обучения и прикладной информатики.

Ключевые слова: кластеризация, кластер, анализ, «шумовые» данные, интерпретация, центр оид.

The article analyzes modern methods of data clustering, including classical algorithms (K-means, DBSCAN, hierarchical clustering) and promising approaches based on deep learning. Their advantages, disadvantages and applications are considered. The article will be useful for specialists in the field of data analysis, machine learning and applied computer science.

Keywords: clustering, cluster, analysis, «noise» data, interpretation, centroid.

Кластеризация данных является одним из ключевых методов машинного обучения, позволяющим выявлять скрытые структуры в наборах данных на основе их схожести. В отличие от задач классификации, кластеризация не требует размеченных данных, что делает её особенно востребованной в условиях ограниченной априорной информации. Современные алгоритмы кластеризации находят применение в биоинформатике, маркетинговой аналитике, обработке изображений и других областях, где критически важна автоматизация анализа сложных данных.

Несмотря на активное развитие методов кластеризации, многие классические алгоритмы, такие как K-means и DBSCAN, обладают существенными ограничениями, включая чувствительность к шумам, зависимость от начальных параметров и неспособность работать с данными сложной топологии. В последние годы активно разрабатываются новые подходы, включая методы, основанные на глубоком обучении, спектральной кластеризации и гибридных моделях, что требует систематического анализа их эффективности и применимости.

Целью данной работы является сравнительный анализ современных методов кластеризации, оценка их преимуществ и недостатков, а также определение перспективных направлений развития. Особое внимание уделяется адаптивности алгоритмов к различным типам данных, их вычислительной сложности и устойчивости к зашумленным выборкам. Результаты исследования могут быть полезны при выборе оптимального метода кластеризации для решения прикладных задач. При проектировании систем кластеризации данных необходимо учитывать следующие ключевые особенности:

1. Качество кластеризации

- Алгоритм должен обеспечивать высокую степень сходства объектов внутри кластера и максимальное различие между кластерами.
- Важны метрики оценки.

2. Масштабируемость

- Метод должен эффективно работать с большими объемами данных.
- Вычислительная сложность не должна расти экспоненциально с увеличением выборки.

3. Устойчивость к шумам и выбросам

- Алгоритмы должны корректно обрабатывать зашумленные данные без потери качества кластеризации.

4. Интерпретируемость результатов

- Кластеры должны иметь понятную логику (особенно важно в маркетинге, биологии).

Зашумленные данные – это наблюдения, которые не соответствуют основной структуре кластеров и могут быть вызваны ошибками измерений, артефактами или аномалиями [1]. В основном, это данные, которые нельзя отнести ни к одному из уже имеющихся кластеров, но которые имеют мало общего с другими «зашумленными данными», чтобы образовать новый кластер.

Центроидом или центром кластера называется вектор, каждый элемент которого вычисляется как среднее по соответствующим элементам (координатам) векторов наблюдений, входящих в кластер [2]. Если кластер имеет правильную сферическую или эллипсоидную форму, то геометрически центроид будет расположен вблизи центра области пространства, занимаемой кластером

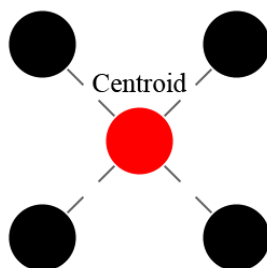


Рисунок 1 – Иллюстрация центроида

Интерпретация кластеров – это процесс осмысления и объяснения результатов кластеризации, при котором аналитик определяет, какие закономерности или смысловые характеристики объединяют объекты внутри каждого кластера и отличают их от других групп [1]. В отличие от автоматического распределения данных по алгоритму, интерпретация требует содержательного анализа: выявления общих признаков, формулировки понятных описаний и, если возможно, присвоения кластерам осмысленных названий, отражающих их суть.

В современной аналитике данных выделяют различные типы кластерных структур, морфология которых детерминирована спецификой исследуемых данных. Кластерные конфигурации формируются под влиянием качественного распределения объектов, плотности их локализации и характера взаимного расположения в признаковом пространстве.

Разнообразие кластерных структур проявляется в существовании компактных сферических образований, характерных для данных с нормальным распределением признаков, протяженных линейных конфигураций, возникающих при наличии выраженных корреляционных зависимостей, а также сложных невыпуклых форм, отражающих нетривиальные закономерности в распределении объектов.

Особый интерес представляют плотностные кластерные образования, где группировка объектов определяется не геометрической близостью, а локальными особенностями распределения плотности в признаковом пространстве [3]. Встречаются также иерархические кластерные структуры, демонстрирующие вложенность группировок разного порядка, что характерно для данных с многоуровневой организацией.

Следует отметить существование кластерных конфигураций с областями перекрытия, где объекты могут одновременно принадлежать нескольким группировкам, что требует применения специальных методов мягкой кластеризации [4]. В задачах анализа высокоразмерных данных особую значимость приобретает выявление мультимодальных кластерных структур, отражающих сложные нелинейные зависимости между признаками.

Рассмотрим основные классические методы кластеризации данных. Каждый алгоритм классификации обладает как сильными, так и слабыми сторонами. При выборе метода классификации компании и исследователи в первую очередь оценивают характеристики своих данных и задачи, на основании чего определяют, какие критерии (точность, интерпретируемость, скорость обучения) являются для них критически важными, а какие можно компенсировать:

1) Метод k-средних (K-means). В основе работы k-means лежит принцип минимизации расстояния между объектами внутри одного кластера. Сначала выбираются несколько центров (центроидов) для групп. Затем алгоритм распределяет данные по группам, определяя, к какому центру они ближе [2]. После этого он пересчитывает центроид для новых групп и повторяет процесс, пока центры не перестанут меняться. Преимущества заключается в простоте реализации и интерпретации, хорошей оптимизацией для больших данных и эффективности при разработке сферических кластеров. Однако зависимость от требования к установке количества кластеров и первичной установке центроидов делает его уязвимым для «шумовых» данных и малоэффективным со специфическими характеристиками.

2) Иерархическая кластеризация. В отличие от других методов кластеризации, таких как K-средних, иерархическая кластеризация не требует заранее задавать количество кластеров. Вместо этого она создает дерево кластеров, называемое дендрограммой, которое можно обрезать на любом уровне для получения нужного количества кластеров. В начале каждый объект считается отдельным кластером. Затем каждый кластер ищет ближайший кластер и объединяется с ним. Так происходит до момента пока не останется один кластер. С помощью дендрограммы можно визуализировать процесс объединения кластеров. Это позволяет избежать зависимости от задания кластеров заранее, а также позволяет анализировать кластеры разной детализации и форм. Очевидным минусом является сложность алгоритма ($O(n^3)$)

3) DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise, плотностной алгоритм пространственной кластеризации с присутствием шума) [2], как следует из названия, оперирует плотностью данных. При инициализации принимается два параметра – окрестности ϵ окрестности и минимальное количество соседей (minPts). При таком алгоритме точки классифицируются как: ядровые (точки, которые имеют соседей $\geq \text{minPts}$ в окрестности ϵ), граничные и шумовые. Ядровые и граничные точки представляет кластер. Преимущества заключаются в устойчивости выбросов и гибкости работы с различными формами кластеров разной плотности. Однако если будет группа кластеров, плотность которых будет существенно отличаться, эффективность алгоритма будет снижена. Также он плохо работает с высокоразмерными данными (данными, у которых много признаков).

С внедрением новейших технологий появились новые, более мощные, но и более затратные или специализированные методы кластеризации. Рассмотрим основные классические методы кластеризации данных:

1) Глубокие методы кластеризации с помощью нейросетей. Основа метода заключается в том, что нейросеть упрощает данные для снижения размерности [5], выделяя в них самое важное, затем группирует эти упрощенные данные, со временем обучаясь и улучшая качество группировки. Это позволяет выявлять сложные нелинейные зависимости и добавляет возможность автоматического дообучения при анализе сложных данных, однако имеются и минусы, в основном связанные с затратами ресурсов и архитектурой самой нейросети.

Примеры:

1. Глубокая встроенная кластеризация (DEC) – это методология, которая одновременно изучает центроиды кластеров, используя алгоритм Ллойда для задачи k-средних и нелинейное повторное представление данных в уменьшенном размере [6]. Этот подход эффективно сочетает в себе задачи уменьшения размерности и кластеризации, которые обычно выполняются последовательно.

2. VDC – это современный гибридный метод, сочетающий вариационные автоэнкодеры (VAE) и гауссовы смеси (GMM) для кластеризации сложных данных [7]. Он принадлежит к семейству deep generative models и особенно эффективен для задач, где данные имеют скрытую структуру. На каждом шаге: данные кодируются в латентное пространство (с помощью алгоритма VAE), затем GMM назначает точки кластерам и в итоге ошибка кластеризации влияет на обновление весов VAE.

2) Спектральная кластеризация с ядерными методами. это метод машинного обучения и анализа данных, используемый для группировки объектов в кластеры на основе их сходства [8]. Он позволяет выявлять нелинейные структуры данных и хорошо работает с разными структурами данных, однако имеет высокую вычислительную сложность для больших наборов данных и плохо работает с «шумными» данными.

Примеры:

1. Kernel Spectral Clustering (KSC) – это метод, который позволяет исследовать сложные структурированные данные в неконтролируемом режиме. Он основан на взвешенном ядре основного компонента анализа (PCA) и машинах опорных векторных машин (LS-SVM) наименьших квадратов [8]. Для описания сходства между узлами строится граф сети. По структуре проекций в киберпространстве автоматически определяется набор порогов расстояния, которые приводят к разным уровням иерархии в сети. Эти пороги используются для получения иерархической кластеризации с агломеративным методом.

2. SpectralNet представляет альтернативу классической спектральной кластеризации собственных векторов специально обученной нейронной сетью: Сеть-энкодер учится отображать исходные данные в пространство, где глобальная структура данных соответствует первым собственным векторам лапласиана, а точки, близкие в исходном пространстве, остаются близкими. После обучения выходы сети (аппроксимированные собственные векторы) кластеризуются более классическими методами.

3) Ансамблевые методы кластеризации. Смысл алгоритма заключается в комбинации нескольких базовых алгоритмов кластеризации через согласование меток или ко-ассоциационные матрицы [9]. Данный подход повышает устойчивость и гибкость получаемых результатов, однако усложняет интерпретацию полученных кластеров.

Примеры:

1. Cluster Ensembles (методы согласования меток) – это продвинутый подход к кластерному анализу, при котором несколько решений для кластеризации объединяются для получения более точного, стабильного и надёжного результата кластеризации.

2. Co-association matrix-based clustering – это подход кластеризации, в котором каждая пара объектов связана с элементом матрицы, указывающим, как часто объекты назначаются в разные кластеры среди всех вариантов разбиения [10]. Это значение рассматривается как аналог расстояния между объектами. В матрице совместных ассоциаций учитываются уровень детализации разбиения, уровень детализации кластера и уровень детализации образца. При этом учитывается тесная связь между образцами и структурой базовых кластеров. Метод позволяет увеличить стабильность результатов кластеризации в случае неопределённости в модели данных или, когда неясно, какие параметры алгоритма наиболее подходят для конкретной задачи.

Современные методы кластеризации данных представляют собой мощный инструмент для выявления скрытых структур и закономерностей в разнородных информационных массивах. Проведенный анализ демонстрирует эволюцию подходов – от

классических алгоритмов, работающих с четко определенными геометрическими формами кластеров, до современных гибридных методов, способных адаптироваться к сложным нелинейным распределениям данных (таблица 1).

Таблица 1– Сравнительный анализ методов кластеризации

Метод	Форма кластеров	Устойчивость к «шуму»	Масштабируемость	Сложность реализации
K-means	Сферические	Низкая	Высокая	Низкая
Иерархическая	Произвольная	Средняя	Низкая	Средняя
DBSCAN	Произвольная	Высокая	Средняя	Средняя
Глубокие методы (нейросети)	Сложные нелинейные	Средняя	Низкая	Высокая
Спектральная с ядрами	Произвольная	Высокая	Низкая	Высокая
Ансамблевые методы	Произвольная	Высокая	Средняя	Высокая

Особенностью актуальных разработок в этой области стало сочетание методов машинного обучения с передовыми техниками обработки признаков, что позволило значительно расширить границы применимости кластерного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hastie, T. The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. – California: Springer, 2008. – 764 с.: с. 86-90. Текст: непосредственный
2. Kaufman, L. Finding Groups in Data An Introduction to Cluster Analysis / L. Kaufman, P. J. Rousseeuw. – Belgium: A Wiley-Interscience Publication, 1990. – 335 с.: с. 68-80
3. Tasdemir, K., Vector quantization based approximate spectral clustering of large datasets/ K. Tasdemir – Текст: непосредственный // Pattern Recognition: журнал – 2012. Том 45, номер 8, с. 3034-3044.
4. Wang, L. Approximate pairwise clustering for large data sets via sampling plus extension / L. Wang, C. Leckie, R. Kotagiri, J. Bezdek – Текст: непосредственный // Pattern Recognition: журнал – 2011. Том 44, номер 2, с. 222–235.
5. Ri, N. . Deep Embedded Clustering / Narutatsu Ri – Текст: электронный. // narutatsuri.github.io [сайт] – 2022 – 13 июня. URL: https://narutatsuri.github.io/data/deep_embedded_clustering.pdf. Дата обращения 11.04.2025
6. Cao L. Simple, Scalable, and Stable Variational Deep Clustering / L. Cao, S. Asadi, W. Zhu, C. Schmidli – Текст: непосредственный // Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases – 2021. Том 12457, с. 108–124
7. Мухамадиева, К. Б. Механизмы работы нейронных сетей / К. Б. Мухамадиева, С. С. Самадов – Текст: непосредственный // Молодой ученый: журнал – 2019. – Том 239, номер 1, с. 21–23
8. Langone, R. Kernel Spectral Clustering and applications / R. Langone, R. Mall, C. Alzate, J. A. K. Suykens – Текст: непосредственный – California: Springer, 2015 – 30 с. с. 9 – 12.
9. Farhadi, A. Unsupervised Deep Embedding for Clustering Analysis / J. Xie, R. Girshick, A. Farhadi – Текст: непосредственный // Proceedings of The 33rd International Conference on Machine Learning: журнал — 2016. Том 48, с. 478–487
10. Zhang, X. Similarity and Dissimilarity Guided Co-association Matrix Construction for Ensemble Clustering / X. Zhang, Y. Jia, M. Song, R. Wang – Текст: электронный. // arxiv.org [сайт] – 2024 – 1 ноября. URL: <https://arxiv.org/html/2411.00904v1>. Дата обращения 11.04.2025

Марченко Дмитрий Андреевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: dmitriy_marchenko_7@mail.ru

УДК 004.89

Научный руководитель:
Польщиков Константин Александрович,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Т.Н. МАХДИ
T.N. MAHDI

СИСТЕМА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ДУБЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАКЕТОВ В СЕТИ УДАЛЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО МОНИТОРИНГА

SYSTEM FOR SELECTING PARAMETERS OF DUPLICATION OF INFORMATION PACKETS IN THE REMOTE MEDICAL MONITORING NETWORK

Рассмотрена задача создания системы выбора параметров дублирования информационных пакетов для использования в сети удаленного медицинского мониторинга. Функционирование системы основано на оценивании теоретически обоснованных значений тайм-аута и числа повторных отправок пакетов. Выполнено оценивание работоспособности предлагаемой системы с помощью вычислительных экспериментов. Полученные результаты показали, что применение разработанной системы позволяет обеспечить требуемые значения вероятности и среднего времени доставки сообщений в сети удаленного медицинского мониторинга.

Ключевые слова: интернет вещей, медицинский мониторинг, дублирование пакетов, доставка сообщений, параметры повторных передач.

The problem of creating a system for selecting parameters for duplicating information packets for use in a remote medical monitoring network is considered. The system's operation is based on estimating theoretically justified timeout values and the number of retransmissions of packets. The performance of the proposed system was assessed using computational experiments. The results obtained showed that the use of the developed system allows for the required values of probability and average message delivery time in a remote medical monitoring network.

Keywords: Internet of Things, medical monitoring, packet duplication, message delivery, retransmission parameters.

Сегодня для решения различных практических задач применяются системы беспроводной передачи данных [1–5], в частности сети интернета вещей (Internet of Things, IoT) [6–10]. Из года в год расширяется применение IoT-сетей для осуществления удаленного мониторинга за пациентами, нуждающимися в постоянном наблюдении [10–12]. С помощью таких сетей медперсоналу предоставляется возможность в реальном времени отслеживать значения физиологических параметров организма, измеряемые прикрепленными к телу человека датчиками. Чтобы, в случае необходимости, оперативно провести реанимационные мероприятия для спасения человеческих жизней, необходимо минимизировать задержки передачи данных и обеспечить высокую вероятность доставки сообщений в сети удаленного медицинского мониторинга.

Для достижения требуемых характеристик доставки телеметрических сообщений в сети удаленного медицинского мониторинга целесообразно использовать управление параметрами дублирования информационных пакетов. К этим параметрам относятся *Tretry* – тайм-аут повторной передачи и *Nretry* – число повторных отправок информационных пакетов. Стандартами интернета вещей предусмотрены рекомендуемые интервалы этих параметров, но не предписаны алгоритмы выбора их конкретных значений в различных условиях функционирования сети.

В целях совершенствования процесс управления передачей данных в сети удаленного медицинского мониторинга разработана система выбора параметров дублирования информационных пакетов в сети удаленного медицинского мониторинга (рисунок 1).

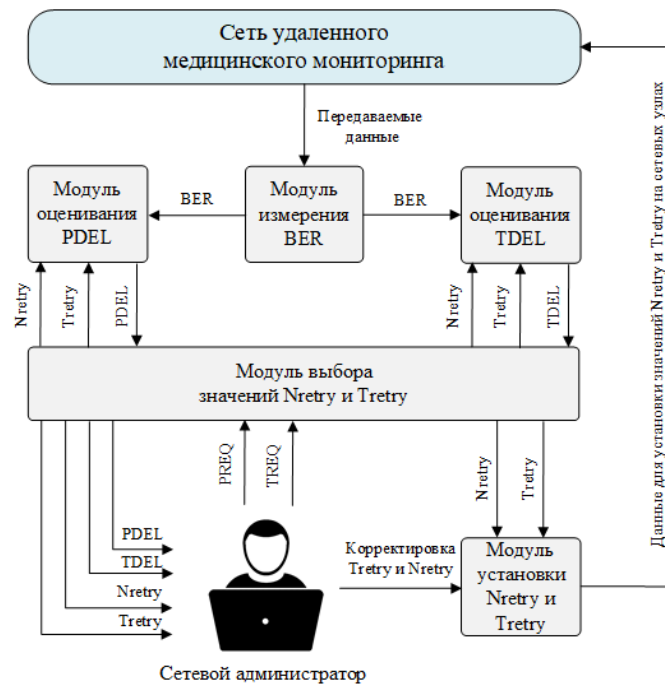


Рисунок 1 – Система выбора параметров дублирования информационных пакетов в сети удаленного медицинского мониторинга

Система функционирует следующим образом. Устройства, подключенные к сети удаленного медицинского мониторинга, передают данные в виде информационных пакетов и подтверждений на сервер. На основе анализа этого трафика в модуле измерения BER вычисляется текущий уровень битовых ошибок. Измеренные значения BER передаются в модуль оценивания PDEL и модуль оценивания TDEL. В модуле оценивания PDEL вычисляется текущее значение вероятности доставки сообщений, в модуле оценивания TDEL вычисляется текущее значение вероятности доставки сообщений. При этом используются текущие значения характеристик повторных передач, данные о которых поступают из модуля выбора значений *Nretry* и *Tretry*. В этом модуле рекомендуемые значения параметров дублирования пакетов определяются на основе проверки выполнения критериев доставки сообщений, которые устанавливаются сетевым администратором. В свою очередь, сетевой администратор, контролируя отображаемые данные о вычисленных вероятностно-временных характеристиках доставки сообщений и рекомендуемых параметрах дублирования пакетов, имеет возможность скорректировать значения *Nretry* и *Tretry* с помощью модуля их установки. Этот модуль передает данные о выбранных значениях параметров повторных передач для установки на сетевых узлах.

Выполнено исследование по оцениванию вероятности принятия правильного решения при выборе параметров дублирования пакетов без применения предлагаемой системы. В ходе исследования проведено 360 вычислительных экспериментов, в которых фиксировалось количество неправильно принятых решений по установке параметров повторных передач. При этом считалось, что принято неправильное решение, если установка рекомендуемых стандартных значений *Nretry* и *Tretry* приводило к невыполнению хотя бы одного из критериев доставки сообщений.

Статистическая обработка полученных результатов показала, что применение предложенной системы позволяет увеличить обоснованность принятия решений о выборе значений параметров дублирования информационных пакетов на величину до 16,44 % при доверительной вероятности 0,98.

Таким образом, разработанная система выбора параметров дублирования информационных пакетов позволяет усовершенствовать процесс управления передачей данных в сети удаленного медицинского мониторинга. Проведенные вычислительные эксперименты иллюстрируют её работоспособность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Clusters partition algorithm for a self-organizing map for detecting resource-intensive database inquiries in a geo-ecological monitoring system / T.N. Mahdi, J.Q. Jameel, K.A. Polshchykov [et al.] // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Vol. 9, No. 4. – P. 1138–1145.
2. Justification for the decision on loading channels of the network of geoecological monitoring of resources of the agroindustrial complex / K. Polshchykov, S. Lazarev, V. Kiselev, A.H.T. Shabeeb // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Vol. 9, No. 3. – P. 781–787.
3. Польщиков, К.А. Оценка вероятностно-временных характеристик доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети / К.А. Польщиков // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2015. – № 7(204). – С. 183–187.
4. К вопросу обеспечения связи в процессе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах строительства / И. С. Константинов, О. В. Пилипенко, К. А. Польщиков, О. Д. Иващук // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 1(63). – С. 40–46.
5. Джамил, К. Д. К. Модель передачи видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети / К. Д. К. Джамил, Р. В. Лихошерстов, К. А. Польщиков // Экономика. Информатика. – 2022. – Т. 49, № 2. – С. 403–415.
6. Ясир М.Д.Я. Имитационная модель функционирования беспроводной сети с низким энергопотреблением / М.Д.Я. Ясир, К.А. Польщиков, Е.М. Маматов // Экономика. Информатика. – 2023. Т. 50(3). – С. 645–654.
7. Балакшин, М. С. Оценивание характеристик доставки данных в системе промышленного Интернета вещей / М. С. Балакшин, К. А. Польщиков // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 8. – С. 35–40.
8. Ясир, М.Д.Я. Модель доставки сообщения в сенсорной сети с низким энергопотреблением / М.Д.Я. Ясир, К.А. Польщиков, В.И. Федоров // Экономика. Информатика. – 2023. – Т. 50, № 2. – С. 439–447.
9. Yaser, M.Ja. Algorithm for ensuring the minimum power consumption of the end node in the LoRaWAN network / M.Ja. Yaser, K.A. Polshchykov, I.K. Polshchikov // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2023. – Vol. 11, No. 4. – P. 168–174.
10. Sadoughi, F. Internet of things in medicine: A systematic mapping study / F. Sadoughi, A. Behmanesh, N. Sayfour // Journal of Biomedical Informatics. – 2020. – Vol. 103. – P. 103383.
11. Balasundaram, A. Internet of Things (IoT)-Based Smart Healthcare System for Efficient Diagnostics of Health Parameters of Patients in Emergency Care / A. Balasundaram, S. Routray, A.V. Prabu // IEEE Internet of Things Journal. – 2023. – Vol. 10(21). – P. 18563–18570.
12. Puri, V. Artificial intelligence-powered decentralized framework for Internet of Things in Healthcare 4.0 / V. Puri, A. Kataria, V. Sharma // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. – 2024. – Vol. 35(4). – P. e4245.

Махди Тарек Нассер

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: tareq.nasser.m@gmail.com

УДК 004.89

*Научный руководитель:
Ильинская Елена Владимировна,
доцент кафедры прикладной
информатики и информационных
технологий НИУ «БелГУ»,
(Белгород, Россия)*

A.A. МЕДВЕДЕВ
A.A. MEDVEDEV

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГОЛОСОВЫХ ПОМОЩНИКОВ: GOOGLE ASSISTANT, SIRI, ALEXA И АЛИСА

COMPARATIVE ANALYSIS OF VOICE ASSISTANTS: GOOGLE ASSISTANT, SIRI, ALEXA AND ALISA

В данной статье проводится сравнительный анализ популярных голосовых помощников: Google Assistant, Siri, Alexa и Алиса. Рассматриваются ключевые особенности каждого из них, включая поддержку платформ, языковую доступность, интеграцию с сервисами, возможности работы с умным домом, интеллектуальные функции и вопросы конфиденциальности. Основная цель исследования — оценить функциональные возможности голосовых помощников с точки зрения удобства использования, универсальности и интеграции с современными технологиями. Анализ позволяет выделить сильные и слабые стороны каждого помощника, что поможет пользователям выбрать оптимальное решение в зависимости от их потребностей.

Ключевые слова: голосовые помощники, искусственный интеллект, умный дом, интеграция с сервисами, языковая поддержка, конфиденциальность, интеллектуальные системы.

This article provides a comparative analysis of popular voice assistants such as Google Assistant, Siri, Alexa, and Alisa. The main features of each assistant are discussed, including platform support, language availability, service integration, smart home capabilities, intellectual functions, and privacy concerns. The comparison is based on the current state of technology and reveals which voice assistant is the most versatile and suitable for various user categories. The detailed analysis allows a better understanding of the strengths and weaknesses of each solution, helping users choose the optimal assistant for their needs.

Keywords: voice assistants, artificial intelligence, smart home, service integration, language support, privacy, intelligent systems.

В последнее время голосовые помощники стали важной частью цифровой экосистемы. Развитие искусственного интеллекта и технологий обработки естественного языка открыло новые возможности для взаимодействия с технологиями. Эти системы часто используются в устройствах, таких как смартфоны, умные колонки, автомобили и бытовая техника, выполняя множество функций – от простых задач, таких как управление музыкой и напоминания, до таких, как управление умным домом и поисковые запросы в интернете [3].

Голосовые помощники становятся не только инструментами для управления устройствами, но и полноценными цифровыми посредниками, которые могут адаптироваться к нуждам пользователя, улучшая качество жизни. С развитием этих технологий возникает необходимость в их сравнении, что позволяет выделить сильные и слабые стороны различных систем. Каждый голосовой помощник обладает своими уникальными характеристиками, такими как поддержка различных платформ, интеграция с сервисами, возможности работы с умным домом, интеллектуальные функции и вопросы безопасности. Сравнительный анализ этих факторов поможет выявить наиболее универсальный и эффективный голосовой помощник, способный удовлетворить требования широкого круга пользователей.

Цель данного исследования заключается в сравнении функциональных возможностей различных голосовых помощников с акцентом на их универсальность, удобство использования и интеграцию с современными технологиями. В рамках исследования предполагается выделить сильные и слабые стороны наиболее популярных голосовых ассистентов, таких как Google Assistant, Siri, Alexa и Алиса, а также сформулировать выводы о наиболее подходящем решении для пользователя.

Рассмотрим ключевые особенности каждого голосового помощника, начиная с Google Assistant. Этот помощник является одним из самых популярных голосовых помощников благодаря своей интеграции с экосистемой Google и множеству поддерживаемых устройств [4]. Эта система на базе искусственного интеллекта предоставляет пользователю возможность не только управлять задачами, но и взаимодействовать с различными сервисами Google, такими как Gmail, Google Calendar, Google Maps и YouTube. Благодаря такой глубокой интеграции Google Assistant позволяет легко управлять повседневными делами, от отправки сообщений и планирования встреч до поиска информации в интернете [5].

Одной из сильных сторон Google Assistant является его способность работать с устройствами умного дома, такими как термостаты, освещение и камеры безопасности. Это обеспечивает пользователю высокий уровень комфорта и удобства, так как все устройства могут быть управляемы через голосовые команды. Однако стоит отметить, что Google активно собирает данные о пользователях, что может быть как преимуществом для персонализации, так и недостатком с точки зрения конфиденциальности [4].

Siri, голосовой помощник от Apple, отличается тесной интеграцией с экосистемой устройств Apple. Siri предоставляет пользователю возможность легко управлять устройствами, такими как iPhone, iPad, Mac и Apple Watch, а также работать с такими сервисами, как Apple Music, Apple Calendar и Apple Maps [5]. Одной из отличительных черт Siri является её способность работать с умным домом через платформу HomeKit, что позволяет интегрировать различные устройства в одну экосистему и управлять ими с помощью голосовых команд.

Важным аспектом использования Siri является высокая степень защиты данных. Apple делает акцент на безопасности и конфиденциальности, минимизируя сбор личной информации и обеспечивая её шифрование. Однако главным ограничением Siri является её эксклюзивность для устройств Apple, что сужает её доступность для пользователей других платформ.

Alexa от Amazon занимает значительное место в экосистемах умного дома. Она активно используется на устройствах компании, таких как Echo и Fire TV, и поддерживает взаимодействие с рядом сторонних устройств через так называемые «Skills», что значительно расширяет её функциональность. Alexa интегрируется с сервисами Amazon, такими как Prime Video и Amazon Music, что делает её особенно привлекательной для пользователей экосистемы Amazon.

Alexa поддерживает множество языков, включая английский, французский, немецкий и итальянский, что расширяет её доступность для глобальной аудитории. В отличие от других голосовых помощников, Alexa предлагает уникальные возможности для управления умным домом, поддерживая тысячи устройств от разных производителей. Однако, как и другие системы, она также собирает информацию о пользователях, что вызывает вопросы о конфиденциальности.

Алиса от Яндекса представляет собой голосового помощника, ориентированного на русскоязычных пользователей. Она интегрирована с сервисами Яндекса, такими как Яндекс.Карты, Яндекс.Музыка и Яндекс.Погода, и предоставляет точное распознавание русского языка, что делает её удобной для использования в России и странах СНГ. Алиса также поддерживает управление умным домом через устройства Яндекс.Станции и совместимые устройства, такие как термостаты и лампы.

Алиса имеет значительное преимущество в области адаптации под культурные и языковые особенности русскоязычных пользователей. Вопросы безопасности и защиты данных также являются важными аспектами при использовании Алисы, и Яндекс предоставляет возможность пользователю контролировать, какие данные он хочет предоставить для улучшения работы сервиса.

Голосовые помощники различаются по ряду ключевых характеристик, включая поддержку платформ, языковую доступность, интеграцию с сервисами, возможности работы с умным домом, интеллектуальные функции и вопросы конфиденциальности [5].

Что касается поддерживаемых платформ, то Google Assistant является самым универсальным голосовым помощником, поддерживающим Android, iOS и устройства на базе Google Home. Это делает его доступным для широкой аудитории пользователей, независимо от платформы. В отличие от него, Siri ограничена экосистемой Apple и доступна только на устройствах iPhone, iPad, Mac, Apple Watch и HomePod, что ограничивает её использование для пользователей других брендов. Alexa ориентирована в первую очередь на устройства Amazon, такие как Echo и Fire TV, но также поддерживает сторонние устройства через Alexa Voice Service, что позволяет интегрировать её в широкий спектр умных устройств. В свою очередь, Алиса, изначально ориентированная на русскоязычных пользователей, теперь поддерживает устройства Яндекс.Станции, мобильные устройства на базе iOS и Android, а также другие умные устройства, что расширяет её доступность для пользователей, использующих разнообразные платформы и устройства.

Что касается языковой поддержки, то Google Assistant является одним из самых универсальных голосовых помощников, поддерживающим более 30 языков, включая русский, французский, испанский, немецкий и многие другие [3]. Это делает его доступным для пользователей по всему миру. В отличие от него, Alexa поддерживает меньше языков, среди которых — английский, французский, немецкий и несколько других, что ограничивает её доступность в некоторых регионах. Siri поддерживает несколько языков, включая русский, но её языковая поддержка не так обширна, как у Google Assistant, особенно для менее популярных языков. Алиса, ориентированная на русскоязычных пользователей, теперь поддерживает также казахский и турецкий, что значительно расширяет её доступность в странах СНГ и за их пределами.

Интеграция с сервисами является важным аспектом при сравнении голосовых помощников. Google Assistant тесно интегрирован с экосистемой Google, включая Gmail, Google Calendar, Google Maps, YouTube и другие сервисы, что позволяет пользователю легко управлять своими задачами, получать персонализированные рекомендации и находить информацию. Siri, в свою очередь, глубоко интегрирована с экосистемой Apple, включая iCloud, Apple Music, Apple Maps и другие сервисы. Это делает Siri незаменимым инструментом для пользователей устройств Apple, но ограничивает её возможности для пользователей других платформ. Alexa активно интегрируется с сервисами Amazon, такими как Amazon Music, Prime Video и Amazon Shopping, а также поддерживает сторонние сервисы через «Skills», что значительно расширяет её функциональность. Алиса, будучи частью экосистемы Яндекса, интегрируется с такими сервисами, как Яндекс.Карты, Яндекс.Музыка, Яндекс.Погода и Яндекс.Диск, что делает её идеальным выбором для пользователей, предпочитающих русскоязычные ресурсы.

Google Assistant использует алгоритмы машинного обучения и технологии обработки естественного языка для предсказания запросов и адаптации под предпочтения пользователя, предлагая, например, напоминания на основе привычек и контекста. Он активно анализирует данные, что позволяет улучшать персонализированный опыт [1]. Siri также использует ИИ, но в меньшей степени, ориентируясь на команды и контекст, с особым акцентом на интеграцию с экосистемой Apple, например, для управления умным домом через HomeKit. Alexa применяет ИИ для работы с умным домом, используя «Skills» для взаимодействия с множеством устройств,

а также адаптирует рекомендации на основе поведения пользователя, но в плане персонализации уступает Google Assistant. Алиса фокусируется на улучшении обработки запросов на русском языке, обеспечивая точное распознавание неформальных выражений и диалектов, а также активно развивает функции умного дома с интеграцией с Яндекс.Станцией и другими устройствами.

Приватность также является важным аспектом при выборе голосового помощника. Siri и Google Assistant предлагают различные уровни защиты данных. Apple акцентирует внимание на минимизации сбора данных и использует шифрование для защиты личной информации, что делает Siri одним из наиболее защищённых ассистентов с точки зрения приватности. Google, в свою очередь, активно использует собранные данные для улучшения персонализации и работы ассистента, но предоставляет пользователю возможность контролировать, какие данные они хотят предоставить. Alexa и Алиса также предлагают настройки конфиденциальности, но обе системы собирают данные для улучшения работы сервиса и предоставления более точных рекомендаций, что вызывает вопросы у пользователей, обеспокоенных конфиденциальностью. Ниже представлена таблица, в которой собраны основные характеристики и различия между голосовыми помощниками.

Таблица 1 – Сравнительный анализ основных характеристик голосовых помощников

Критерии	Google Assistant	Siri	Alexa	Алиса
Поддерживаемые платформы	Android, iOS, Google Home, Android TV, другие устройства	Ограничена экосистемой Apple (iPhone, iPad, Mac)	Echo, Fire TV, сторонние устройства через Alexa Voice Service	Яндекс.Станция, Яндекс.Музыка, мобильные устройства iOS и Android
Языковая поддержка	30+ языков, включая русский, английский, французский	Поддержка нескольких языков, включая русский	Английский, французский, немецкий и другие языки	Русский, казахский, турецкий
Интеграция с сервисами	Интеграция с сервисами Google (Gmail, Calendar, Maps)	Интеграция с сервисами Apple (iCloud, Music, Maps)	Интеграция с сервисами Amazon (Prime Video, Music)	Интеграция с сервисами Яндекса (Яндекс.Карты, Музыка)
Умный дом	Поддержка множества устройств через Google Home	Поддержка через HomeKit	Широкие возможности управления умным домом	Поддержка через Яндекс.Станцию и совместимые устройства
Интеллектуальные возможности	Мощный ИИ для предсказания запросов и адаптации под предпочтения	Сильный ИИ для распознавания контекста и выполнения команд	ИИ для улучшения работы и предсказания запросов	ИИ для улучшения распознавания запросов на русском языке
Приватность	Сбор данных для персонализации с настройками конфиденциальности	Минимизация сбора данных, сильная защита приватности	Сбор данных с настройками конфиденциальности	Сбор данных с возможностью настройки конфиденциальности

Каждый голосовой помощник имеет свои сильные и слабые стороны, что делает их подходящими для различных типов пользователей и целей.

Google Assistant – идеален для пользователей, которые ищут универсальность и интеграцию с широким спектром устройств и сервисов. Он подойдёт тем, кто использует экосистему Google и нуждается в многоязычной поддержке и сильной интеллектуальной адаптации.

Siri – лучший выбор для пользователей Apple, так как она интегрирована с продуктами и сервисами Apple. Подходит тем, кто уже использует устройства Apple и ценит высокий уровень конфиденциальности данных.

Alexa – оптимален для пользователей, ориентированных на умный дом. Она поддерживает множество сторонних устройств и сервисов, что делает её идеальной для тех, кто хочет создать «умный дом» с разнообразными гаджетами и активно использует сервисы Amazon.

Алиса – подходит для пользователей в России и СНГ, ориентированных на русскоязычные сервисы. Она идеально подходит тем, кто использует Яндекс.Станцию и хочет иметь доступ к экосистеме Яндекса, а также предоставляет поддержку казахского и турецкого языков, расширяя её использование в странах СНГ.

В целом, выбор помощника зависит от потребностей пользователей: если требуется универсальность и интеграция, Google Assistant будет лучшим выбором. Для пользователей Apple и заботящихся о конфиденциальности подойдёт Siri. Если ваш приоритет – умный дом, тогда Alexa окажется оптимальной. Для русскоязычных пользователей, ориентированных на локальные сервисы, лучшим выбором будет Алиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов, И. И. Разработка голосовых помощников на базе искусственного интеллекта / И. И. Козлов, М. С. Васильев. – М.: Издательство МГУ, 2020. – 245 с.
2. Левин, В. А. Применение искусственного интеллекта в голосовых ассистентах / В. А. Левин. – СПб.: Питер, 2019. – 182 с.
3. Иванова, Т. В. Сравнительный анализ технологий распознавания речи в голосовых помощниках / Т. В. Иванова. – Журнал «Информационные технологии», 2021. – Т. 58, № 2. – С. 45–52.
4. Фёдоров, А. В. Приватность и защита данных в голосовых системах / А. В. Фёдоров. – Рейтинг технологий, 2022. – С. 99–115.
5. Смирнова, И. Н. Будущее голосовых помощников: инновации и вызовы / И. Н. Смирнова. – М.: Высшая школа, 2021. – 310 с.

Медведев Алексей Андреевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: merllin.07.09.06@gmail.com

УДК 004.94

*Научный руководитель:
Удовенко Ирина Васильевна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

В.Д. МУРАВЬЕВ, Е.В. НЕСТЕРОВА
V.D. MURAVEV, E.V. NESTEROVA

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ОНЛАЙН-СЕМИНАРОВ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

DEVELOPMENT OF WEB SERVICE FOR PLANNING AND CONDUCTING ONLINE SEMINARS FOR EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

В статье представлен процесс разработки веб-сервиса для планирования, проведения и отчетности онлайн-семинаров, предназначенного для образовательных организаций. Описаны основные этапы проектирования и реализации, включая анализ существующих решений, проектирование архитектуры, разработку функционала и интеграцию с платформой TrueConf. Особое внимание уделено автоматизации процессов управления мероприятиями, что позволяет повысить эффективность организации онлайн-семинаров. Результатом работы является веб-сервис, обеспечивающий удобство планирования, проведения и анализа мероприятий для образовательных учреждений.

Ключевые слова: веб-сервис, онлайн-семинары, образовательные организации, автоматизация, TrueConf, React, Laravel, ER-диаграмма, функциональная модель.

The article presents the development process of a web service for planning, conducting, and reporting online seminars designed for educational organizations. The main stages of design and implementation are described, including the analysis of existing solutions, architecture design, functionality development, and integration with the TrueConf platform. Special attention is paid to the automation of event management processes, which improves the efficiency of organizing online seminars. The result of the work is a web service that provides convenience in planning, conducting, and analyzing events for educational institutions.

Keywords: web service, online seminars, educational organizations, automation, TrueConf, React, Laravel, ER-diagram, functional model.

Федеральный проект «Цифровая образовательная среда» и Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 подчеркивают необходимость внедрения цифровых технологий в образовательный процесс. Цифровая среда позволяет осуществлять планирование, координация участников, управление ресурсами и проведение мероприятий на качественном уровне. Рост популярности онлайн-семинаров, обусловленный цифровизацией образования, подчеркивает актуальность разработки специализированного веб-сервиса для решения этих задач. На текущий момент на рынке представлены платформы и сервисы для организации онлайн-мероприятий, которые отличаются функциональными возможностями, стоимостью и сферой применения [1-3].

Разнообразные платформы и сервисы для организации онлайн-мероприятий, такие как Zoom, Microsoft Teams, Google Meet, Discord, Yandex Телемост, Salutejazz, VK Видеозвонки, Telegram и др., предлагают мощные инструменты для проведения мероприятий, однако они либо не обеспечивают полной автоматизации процессов, либо имеют ограничения в адаптации под нужды образовательных организаций. Это обосновывает необходимость разработки специализированного сервиса, который будет включать не только видеоконференции, но и управление расписанием, участниками, ресурсами и отчетностью. Поэтому целью данного исследования является совершенствование процессов организации и проведения научных семинаров за счет разработки информационной системы, которая упростит процесс планирования, проведения и отчетности онлайн-семинаров в образовательном учреждении.

Для достижения цели была выбрана платформа TrueConf, которая предоставляет поддержку видеоконференций высокого качества и работу на локальных серверах. Сервис является отечественным и отличается высокой безопасностью и удобством интеграции.

На рисунке 1 представлена декомпозиция функциональной модели процесса организации и проведения научных семинаров, которая содержит четыре процесса.

1. Планирование семинара: включает создание мероприятий, назначение дат, выбор участников и ресурсов.
2. Подготовка к проведению.
3. Проведение семинара: обеспечивает управление онлайн-трансляциями, взаимодействие участников и контроль за ходом мероприятия.
4. Анализ результатов: формирование аналитических отчетов по результатам проведенных семинаров, включая статистику участия и обратную связь.

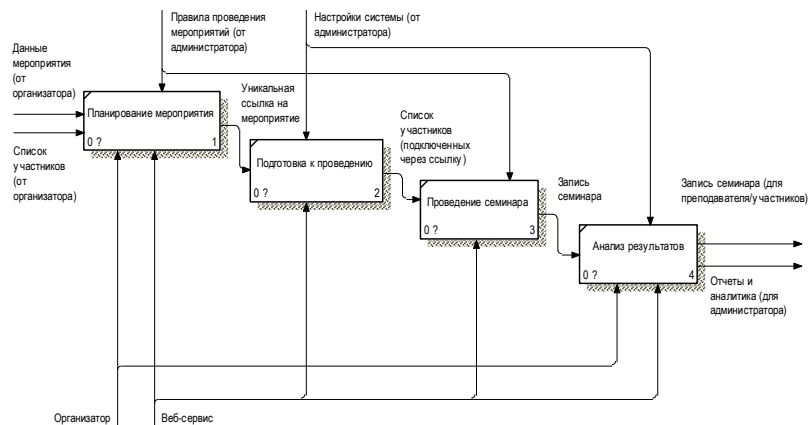


Рисунок 1 – Декомпозиция контекстной диаграммы

ER-диаграмма (рисунок 2) отражает структуру базы данных и взаимосвязь сущностей: `user_profiles`, `user`, `sessions`.

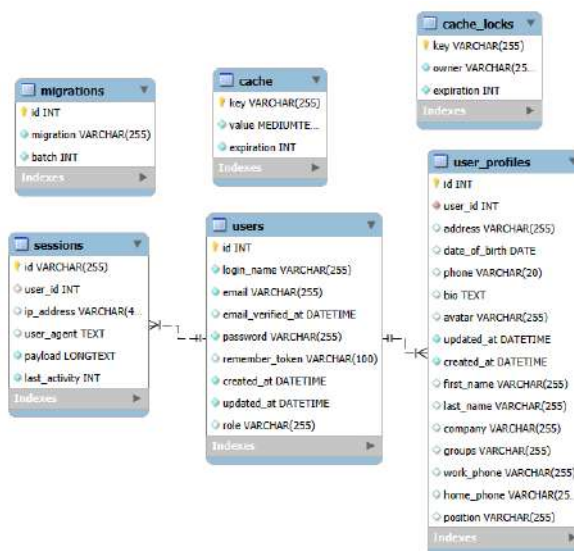


Рисунок 2 – ER-диаграмма

Сущность `user_profiles` служит для хранения дополнительной информации о пользователях и дает возможность вносить персонализированную информацию. Сущность `user` служит для хранения и управления пользовательскими данными. Сущность `sessions` служит для хранения данных сессий пользователей. Также были созданы таблицы для управления, отслеживания и хранения кэшированных данных.

Разработанный веб-сервис был реализован на React + Vite, Laravel PHP и MySQL. На рисунке 3 показана одна из страниц интерфейса, разработанной системы планирования и проведения онлайн-семинаров.

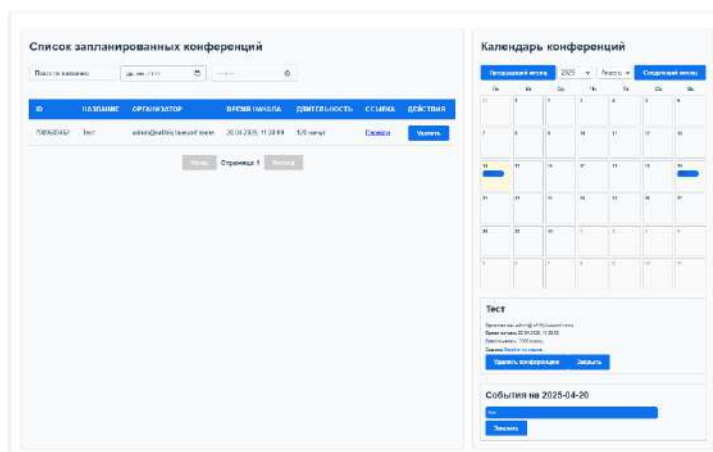


Рисунок 3 – Страница веб-сервиса

Для удобства отслеживания и планирования семинаров в системе используется список и календарь.

Проведенная интеграция с платформой TrueConf помогла сэкономить время на разработке самого веб-сервиса, используя готовые решения от TrueConf, а также дала возможность «общаясь» по API создавать конференции пользователей.

Данный веб-сервис даст возможность в рамках онлайн конференций координировать участников и проводить мероприятия в институте информационных и цифровых технологий НИУ «БелГУ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова, И. В. Возможности Web-технологий для реализации смешанного формата обучения // Сборник научных трудов «Web-технологии в образовании». – 2022. – С. 45–50. – URL: https://arz.unn.ru/files/nauka/izdaniya/202302_webtech2022.pdf.
2. Охрямкина, А. С. Значение веб-технологий в разработке и применении электронных учебно-методических комплексов / А. С. Охрямкина, Н. В. Бужинская // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2021. – № 2. – С. 5–9. – URL: <https://science-pedagogy.ru/article/view?id=2361>.
3. Татарская, К. В. Цифровые технологии в обучении студентов медико-биологического направления подготовки в практике высшего образования России / К. В. Татарская, Г. А. Кручинина // Сборник научных трудов «Web-технологии в образовании». – 2022. – С. 78–83. – URL: https://arz.unn.ru/files/nauka/izdaniya/202302_webtech2022.pdf.

Муравьев Владимир Дмитриевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: vladimir.80.mur@mail.ru

Нестерова Елена Викторовна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: nesterova@bsuedu.ru

УДК 004.94

*Научный руководитель:
Удовенко Ирина Васильевна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

И.С. МУРАШКО
I.S. MURASHKO

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТОЧНЫХ ВОД В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF AN INFORMATION SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF WASTEWATER IN INDUSTRY

Основные аспекты, охватываемые в данной статье, включают разработку бизнес-модели процесса экологического мониторинга сточных вод и прототипа ее программного обеспечения. Данная работа направлена на обсуждение необходимости и значимости создания информационной системы экологического мониторинга для контроля выброса сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, экологический мониторинг, информационные процессы.

The main aspects covered in this paper include the development of a business model for the wastewater environmental monitoring process and a prototype of its software. This paper aims to discuss the need and importance of creating an environmental monitoring information system to control wastewater discharge.

Keywords: wastewater, environmental monitoring, information processes.

Промышленность – одна из основных отраслей экономики, обеспечивающая производство различных товаров для удовлетворения потребностей общества. Однако она приносит значительный экологический ущерб, нанося серьезный вред окружающей среде. Источником многих экологических проблем, связанных со сточными водами, являются промышленные предприятия, процессы которых практически всех отраслей позволяют образованию стоков, загрязняемые самыми различными средствами. Одной из основных проблем сточных вод является загрязнение водных ресурсов. Большое количество сточных вод, содержащих вредные химические вещества, бактерии и другие загрязнители, сбрасывается прямо в реки, озера и моря. Это приводит к нарушению экосистем, гибели рыбы и других водных организмов, а также к ухудшению качества воды для питья и других бытовых нужд.

На рисунке 1 представлена функциональная модель процесса производства продукции на примере хладокомбината, которая состоит из следующих процессов: подготовка сырья, подготовка расходных материалов, создание продукции.

Входными параметрами являются: сырье и расходные материалы, необходимые для обслуживания и производства продукции. Выходной результат производства включает: готовую продукцию, отходы производства, сточные воды и атмосферные выбросы.

В целях охраны водных объектов, предотвращения негативного воздействия на работу централизованной системы водоотведения г. Белгорода и обеспечения ее надежного и бесперебойного функционирования были утверждены следующие нормативы состава сточных вод, отводимых в централизованную систему водоотведения города Белгорода, которые представлены в таблице 1 [1].

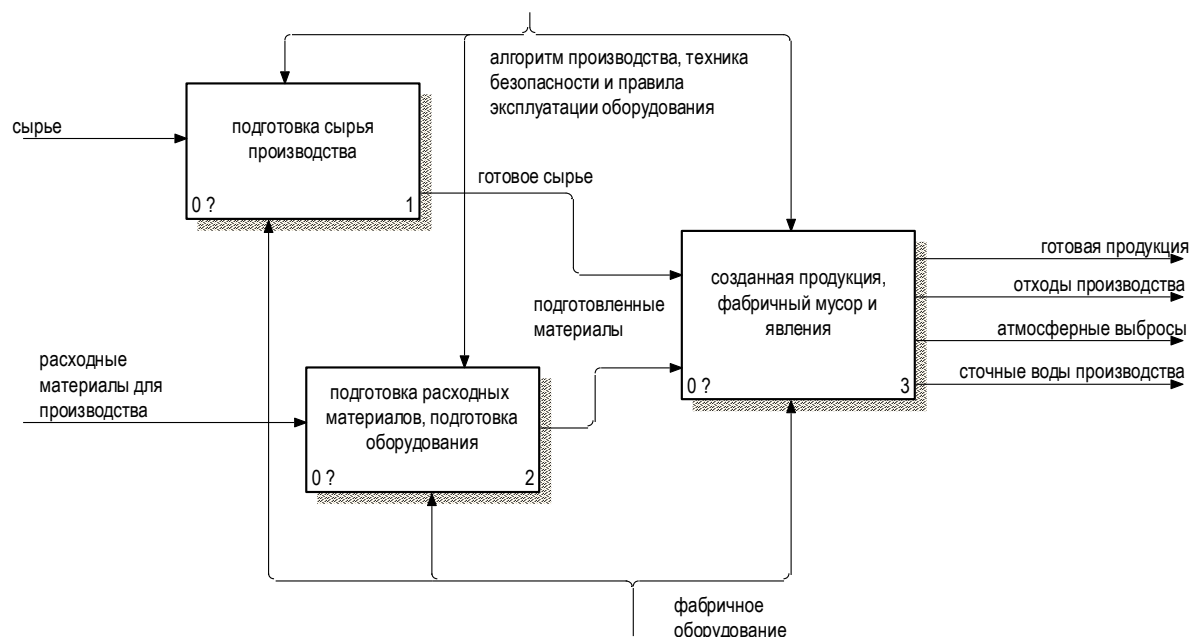


Рисунок 1 – Процесс производства на АО «Белгородский холодохолбинат»

Таблица 1 –Нормативы сточных вод

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Концентрация в составе НДС ГУП «Белоблводоканал», мг/дм3	Эффективность очистки, %	Концентрация в сточных водах абонентов, мг/дм3
1	Взвешенные вещества	13,95	95	279,0
2	БПК5 (биохимическое потребление кислорода)	2,0	96	50,0/295,75 <*>
3	ХПК (химическое потребление кислорода)	30,0	95	500,0
4	Сухой остаток	984	0	984,0
5	Хлориды	124,3	17	149,75
6	Сульфаты	100	18	122,0
7	Азот аммонийный	0,4	96	10,0
8	Фосфаты (Р)	0,2	67	0,6
9	Железо общее	0,1	79,5	0,48
10	Медь	0,001	87	0,008
11	Цинк	0,01	82	0,055
12	Хром (6+)	0,01	80	0,05
13	Никель	0,01	50	0,02
14	СПАВ анионные (поверхностноактивные вещества)	0,032	90	0,32
15	Фенолы (летучие)	0,001	84	0,006
16	Нефтепродукты	0,02	93	0,28
17	Формальдегид	0,043	52	0,09
18	Метанол	0,1	44,1	0,18

Рассмотрим контекстную диаграмму процесса использования воды в производстве, которая представлена на рисунке 2.

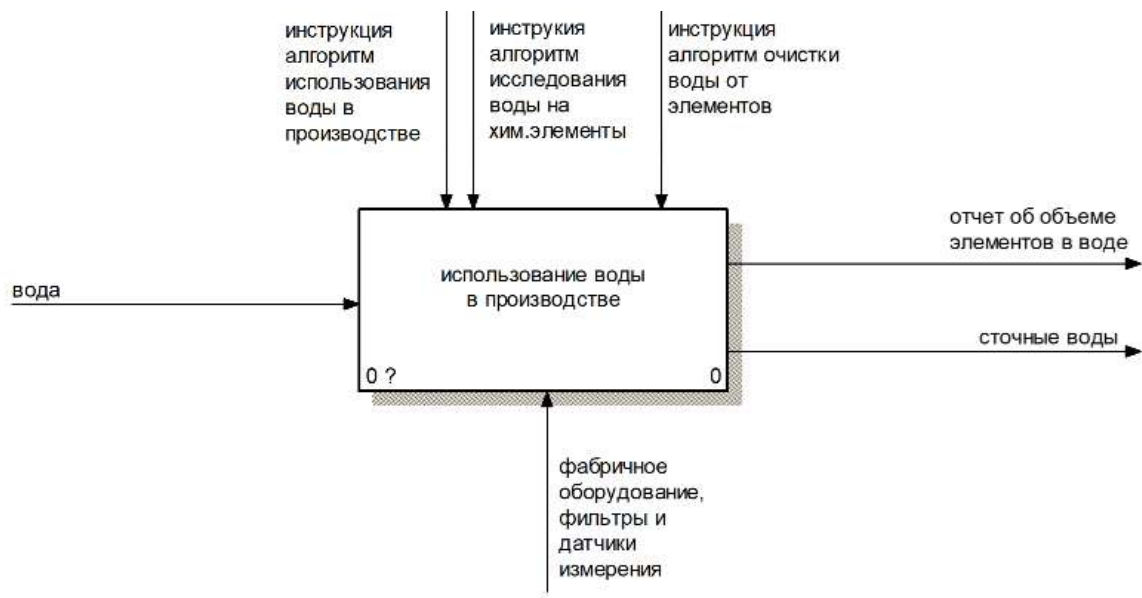


Рисунок 2 – Процесс образования сточных вод на производстве

Входным параметром выступает вода, выходным – сточные воды.

На рисунке 3 представлена диаграмма декомпозиции. Здесь показано, как вода проходит все этапы производства, включая очистку воды от разных веществ. Изначально вода участвует, как в создании продукции, так и является расходным материалом, участвуя в роли охлаждения. Далее, использованная вода попадает на этап исследования на химические элементы для дальнейшего принятия решения: можно использовать воду повторно или нет. После этого вода попадает на стадию очистки, где проходит несколько этапов очистки.

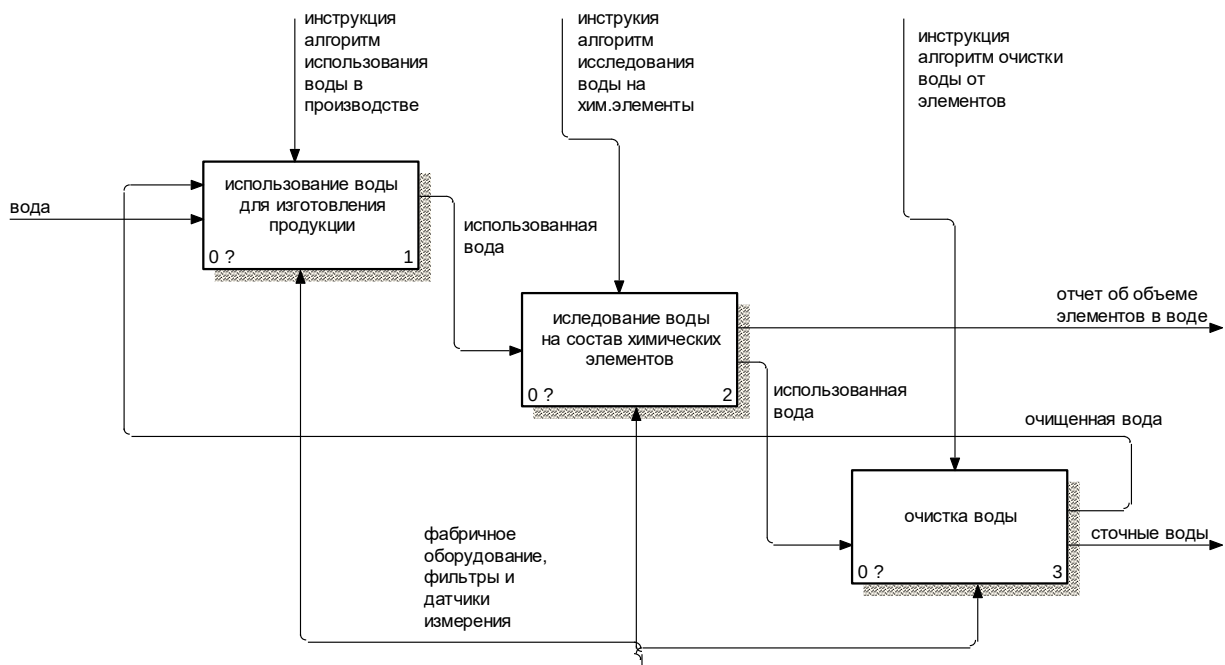


Рисунок 3 – Диаграмма декомпозиции процесса «Использование воды в производстве»

Ниже на рисунке 4 представлена декомпозиция процесса очистки воды, где вода подвергается различным воздействиям, которые очищают ее от лишних примесей (ржавчины и жесткости). После чего очищенная вода повторно исследуется на предмет – повторного использования в производстве.

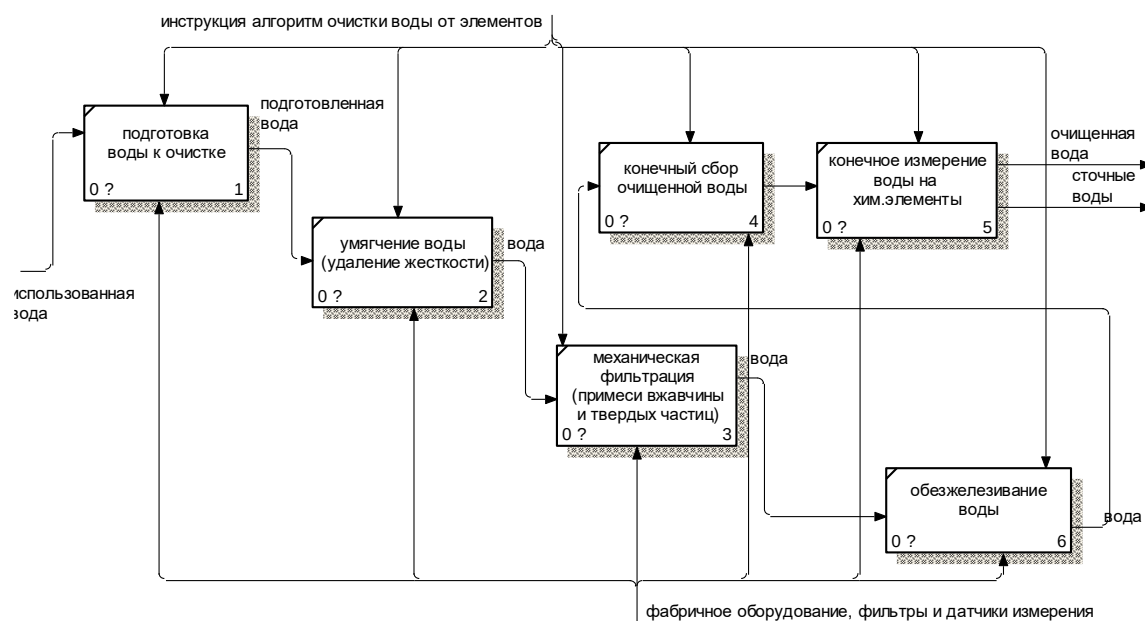


Рисунок 4 – Диаграмма декомпозиции процесса «Очистка воды»

Для того чтобы составить отчет о составе химических веществ, содержащихся в воде, был разработан прототип программного модуля. При запуске программы на экране появляется окно входа в систему, которое представлено на рисунке 5. Для успешного входа необходимо корректно ввести логин и пароль от системы.

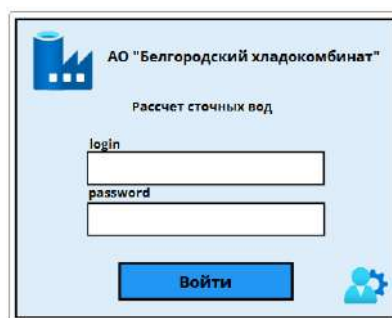


Рисунок 5 – Окно входа в систему

На следующем рисунке 6 представлено основное окно приложения, где заполняются значения химических элементов, которые измеряются с помощью различных датчиков, также здесь указывается объем воды, чтобы рассчитать процент загрязнения воды.

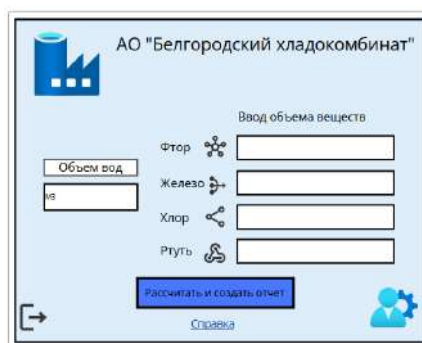


Рисунок 6 – Главное окно программного модуля

После выполнения операции расчета создается отчет, который хранит в себе информацию об объеме сточных вод. Окно показано на рисунке 7.

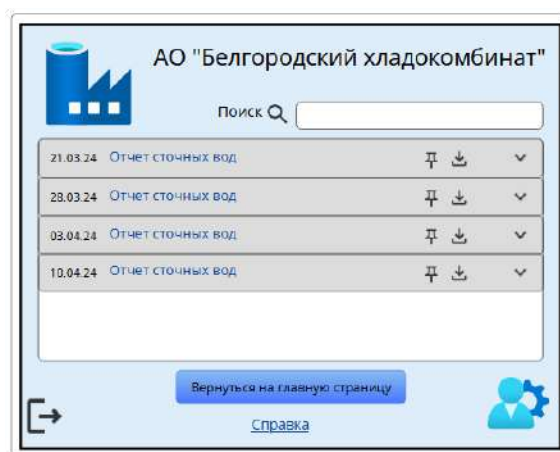


Рисунок 7 – Окно отчетов

В заключении стоит подчеркнуть, что важность сточных вод является одной из наиболее острых проблем современного мира. Выбросы загрязненных сточных вод в окружающую среду приводят к серьезным последствиям для природы, животных и человека. Создание информационной системы экологического мониторинга сточных вод – это шаг в направлении обеспечения стандартов целостности и безопасности для почвы, животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление администрации города Белгорода от 29 января 2021 г. N 16 "Об установлении нормативов состава сточных вод, отводимых в централизованную систему водоотведения города Белгорода" // URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/26378419>
2. Экспериментальные методы в очистке сточных вод: учебник и практикум / Коллектив авторов – Москва : КноРус, 2012. — 116 с.
3. Гульяев, А. К. Уроки Web-мастера. Технология. Дизайн. Инструменты / А.К. Гульяев, В.А. Машин. - М.: Корона-Принт, 2001. - 438 с.
4. Левадный В. С. Сточные воды: учебник/ Левадный – Москва: АТК, 2009 – 211 с.
5. Алексеев А. А. Экологический мониторинг современности: учебник / Алексеев А. А. – Москва: Издательство, 2015 – 91 с.

Мурашко Иван Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1645804@bsuedu.ru

УДК 339.13

Научный руководитель:
Сорокина Елена Сергеевна,
старший преподаватель
кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

П.М. МУХИН
P.M. MUKHIN

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ВОВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

GAMIFICATION AS A TOOL FOR ENGAGING USERS IN E-COMMERCE

В статье рассматривается геймификация как эффективный инструмент вовлечения пользователей в электронную коммерцию. Анализируются основные механики и стратегии геймификации, используемые в онлайн-ритейле для повышения лояльности клиентов, увеличения конверсии и улучшения пользовательского опыта. Представлены примеры успешных кейсов внедрения игровых элементов в бизнес-модели крупных компаний. Также исследуются современные тенденции и перспективы развития геймификации в условиях цифровой экономики, включая использование искусственного интеллекта, виртуальной и дополненной реальности.

Ключевые слова: геймификация, электронная коммерция, вовлечение пользователей, лояльность клиентов, игровые механики, цифровая экономика.

The article examines gamification as an effective tool for engaging users in e-commerce. It analyzes the main mechanics and strategies of gamification used in online retail to increase customer loyalty and conversion, and to improve user experience. Examples of successful cases of introducing game elements into business models of big companies are presented. It also examines modern trends and prospects for the development of gamification in the digital economy, including the use of artificial intelligence, virtual and augmented reality.

Keywords: gamification, e-commerce, user engagement, customer loyalty, game mechanics, digital economy.

В настоящее время, электронная коммерция, являясь одной из ключевых отраслей экономики, продолжает стремительно развиваться и расширять свое присутствие на рынке. Популярность онлайн-шопинга растет под влиянием технологического прогресса, увеличения доступности интернета и изменений в покупательских привычках. Эти факторы усиливают конкуренцию и создают перед бизнесом новые вызовы, связанные с привлечением аудитории и формированием долгосрочных взаимоотношений с клиентами.

Развитие цифровой экономики приводит к изменению ожиданий потребителей: они ценят индивидуальный подход, удобные и многоканальные способы взаимодействия с брендами. Чтобы соответствовать этим требованиям, компании активно внедряют передовые технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение, позволяющие более точно анализировать предпочтения покупателей и адаптировать сервис под их запросы.

Для минимизации оттока клиентов и повышения их вовлеченности компании применяют различные стратегии удержания. В их число входят персонализированные предложения, программы лояльности, маркетинг, ориентированный на эмоции, а также глубокий анализ клиентского опыта. Эти инструменты не только способствуют привлечению внимания, но и помогают выстраивать доверительные отношения с аудиторией, обеспечивая высокий уровень удовлетворенности покупателей [4].

Еще одним инструментом, который помогает компаниям удерживать клиентов и завоевывать их расположение, является геймификация. Она позволяет повысить лояльность клиентов и заставляет их возвращаться в ваш магазин снова и снова. Цель данной статьи —

исследовать влияние геймификации на вовлеченность пользователей в электронной коммерции и определить наиболее эффективные игровые механики для повышения активности клиентов. Для этого мы рассмотрим теоретические аспекты геймификации, проанализируем существующие исследования в этой области, опишем методологию проведенного исследования, представим полученные результаты и сделаем соответствующие выводы.

Геймификация (англ. gamification), или игрофикация – это процесс внедрения элементов, присущих видеоиграм, в различные сферы, не связанные напрямую с развлечениями, включая корпоративную и образовательную деятельность. В первую очередь, подобные подходы находят применение в бизнесе, где они служат для повышения мотивации сотрудников, фокусировки на достижении целей, а также снижения уровня профессионального стресса. На глобальном уровне геймифицированные методы признаются эффективным способом улучшения вовлеченности персонала. Кроме того, в образовательной среде этот инструмент способствует активизации учебного процесса. В рамках бизнес-развития игровые механики позволяют справляться с конкретными задачами и укреплять внутрикорпоративные ценности и взаимодействие [3].

Ключевые компоненты геймификации охватывают несколько уровней: динамические элементы, такие как сценарии, предполагающие активное участие пользователя здесь и сейчас; механические составляющие – виртуальные бонусы, баллы, уровни и статусы; визуально-эмоциональную составляющую, формирующую атмосферу игрового пространства; а также социальный аспект, выражающийся во взаимодействии между участниками, характерном для многопользовательских игровых сред.

Можно выделить три типа геймификации по уровню сложности выстраивания игровых процессов в рамках бизнеса: сложная, легкая и смешанная. На рисунке 1 представлены характеристики для каждого типа.



Рисунок 1 – Типы геймификации и их характеристики

В сфере электронной коммерции геймификация используется для улучшения пользовательского опыта и стимулирования покупательской активности. Применение игровых элементов, таких как системы баллов, бонусные программы, уровни сложности и достижения, способствует повышению удовлетворенности клиентов и склоняет их к первым и повторным покупкам. Кроме того, геймификация позволяет создать сообщества пользователей, объединенных интересом к бренду, что усиливает их лояльность и способствует распространению информации о компании.

Примеры успешного использования геймификации в бизнесе включают программы лояльности с накоплением баллов, системы достижений и уровней, а также соревнования между пользователями. Эти механики помогают захватить и удержать внимание пользователей, увеличивая конверсию и средний чек. Однако для успешного внедрения геймификации необходимо учитывать особенности целевой аудитории и разрабатывать игровые механики, соответствующие ее интересам и потребностям.

На рисунке 2 представлена гистограмма агентства Finances Online, на которой рассмотрены различные стратегии геймификации, предпочитаемые взрослыми людьми. Согласно данной гистограмме, классическое прохождение уровней и получение очков,

вместе с обратной связью в реальном времени и отражением прогресса, более предпочтительны в сравнении с механиками посложнее, например, аватары и виртуальная валюта [9].

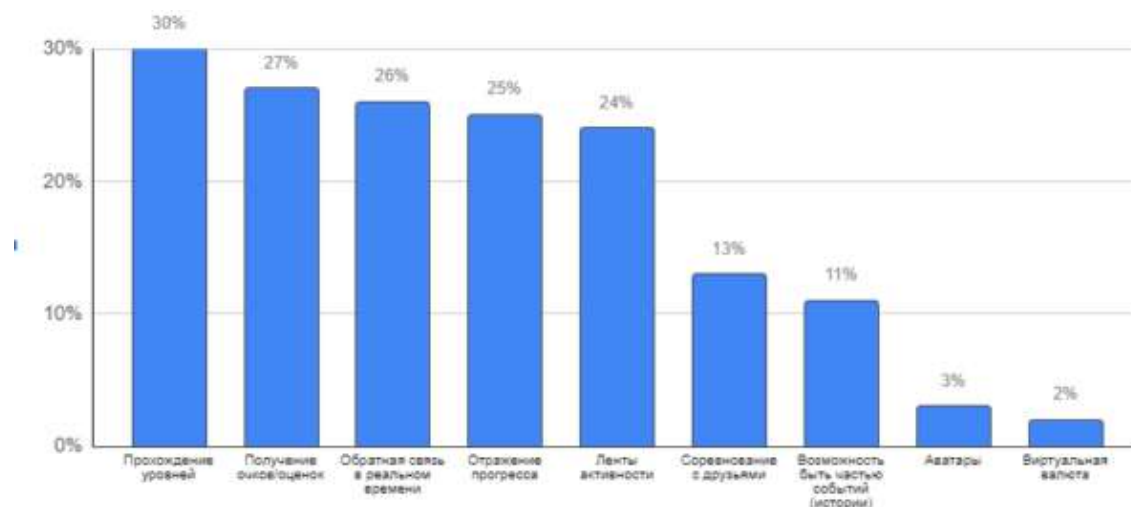


Рисунок 2 – Гистограмма «Стратегии геймификации, предпочитаемые взрослыми людьми»

В современном мире компании активно используют геймификацию для взаимодействия с цифровыми потребителями, которые ежедневно проводят в интернете около 6,5 часов и проверяют свой смартфон в среднем 80 раз в день. Онлайн-ритейлеры давно внедряют игровые механики в свой бизнес. Одним из ярких примеров является программа вознаграждений Starbucks, которая способствует формированию клиентской привязанности к бренду. Компания Nike также применила геймификацию, запустив мобильное приложение, побуждающее пользователей носить фирменные кроссовки, а также заниматься бегом и спортом. Кроме того, банковский сектор активно внедряет цифровые технологии: сегодня практически у каждого банка есть мобильное приложение для управления финансами, а 55 % европейцев, использующих интернет-банкинг, также прибегают к мобильным банковским сервисам [1].

Благодаря использованию элементов геймификации, AliExpress – дочерняя платформа корпорации Alibaba Group – заняла лидирующие позиции среди глобальных e-commerce сервисов. В мобильном приложении пользователи вовлечены в процесс накопления и использования виртуальных монет, которые можно обменивать на скидочные купоны. Одна монета начисляется за ежедневный вход в приложение, а дополнительные можно получить, выполняя разнообразные активности: от написания отзывов до простых действий вроде отметки «лайк» в магазине. Чтобы поддерживать интерес, задания обновляются каждый день. Кроме того, приложение предлагает игровые функции. В разделе Lucky Forest, например, монеты можно зарабатывать, ухаживая за виртуальным деревом, а в Coins Park пользователи участвуют в азартных мини-играх, где на кону – монеты и купоны [7].

Наиболее распространенной формой геймификации в сфере потребления остаются программы лояльности и системы вознаграждений, в которых пользователи накапливают баллы и впоследствии обменивают их на товары или услуги.

Следовательно, геймификация используется для привлечения и удержания внимания потребителей. Множество компаний в России внедряют игровые элементы в свои рекламные кампании, акции и программы лояльности, чтобы создать интерес, стимулировать взаимодействие и повысить уровень вовлеченности клиентов. Например, один из крупнейших банков России, Сбербанк, использует элементы геймификации в своем приложении «Сбербанк Онлайн» [8].

Другим показательным примером может быть «М.Видео». В 2017 году компания запустила игру, в которой участникам предлагалось выполнить задания по мотивам мультфильмов «Рок Дог» и «ЛЕГО: Ниндзяго фильм». За верные ответы пользователям начислялись баллы, которые впоследствии можно было обменивать на промокоды со скидками. В результате увеличилось количество посетителей сайта, продажи компании и конверсия, а общий возврат вложений составил 760% [2].

Ожидается, что в ближайшем будущем геймификация будет приносить более высокую отдачу от инвестиций, а рынок будет стремительно расти благодаря вовлечению сотрудников и повышению их эффективности. В 2016 году международный рынок геймификации оценивался в 4,91 млрд долларов. Последние данные свидетельствуют о росте примерно на 143%: в настоящее время объём рынка оценивается в 11,94 млрд долларов. По прогнозам, в ближайшие несколько лет темпы роста мировой индустрии геймификации составят 27,4% в год. На рисунке 3 представлен график прогноза роста мирового рынка геймификации, рассчитанный агентством Zipria [10].

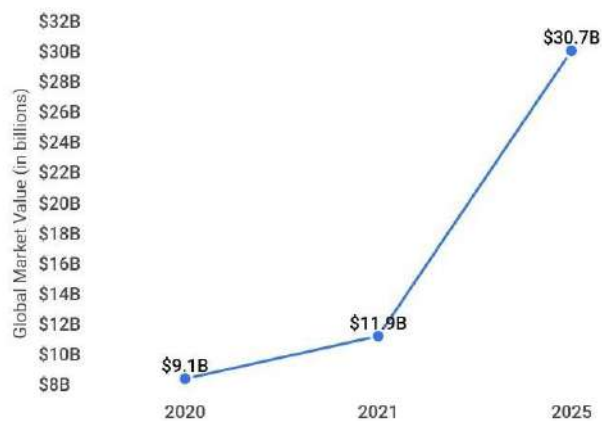


Рисунок 3 – График «Прогноз стоимости мирового рынка геймификации (2020-2025 гг.)»

В 2022 году «Ростелеком» провёл исследование глобальных тенденций в области цифровой трансформации [5]. Используя вторичный анализ данных – включая общий вес вложений инвестиций, количество научных публикаций и зарегистрированных патентов – можно оценить темпы и направления развития ключевых трендов, оказывающих влияние на эволюцию геймификации (таблица 1).

Таблица 1 – Интегральный вес по всем источникам цифровых трендов, связанных с процессами геймификации за 2021 год

Цифровой тренд	Интегральный вес
Искусственный интеллект	3,08
Мобильные сети	1,89
Социальные медиа	1,13
Электронная коммерция	1,02
Мобильные платформы	0,94
Компьютерные игры	0,8
Облачные сервисы	0,69
Социальные сети	0,29

Таким образом, основные направления в рамках инвестиций, научных публикаций и патентов сосредоточены на технологиях искусственного интеллекта, а также мобильных сетей [1].

Ожидается, что в 2025 году и далее значение геймификации в электронной коммерции будет расти. Интеграция технологий дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) станет более сложной, помогая создавать иммерсивный опыт покупок, в котором границы между игрой и ритейлом будут размыты. Персонализация приложений выйдет на новый уровень, а ИИ-системы будут настраивать игровые элементы в соответствии с индивидуальными предпочтениями пользователей и их поведением [6].

Таким образом, геймификация – это мощный инструмент, который помогает приложениям в сфере электронной коммерции выделиться на конкурентном рынке. Бренды, способные гармонично объединить развлечения, вознаграждения и покупки, создают уникальный и запоминающийся пользовательский опыт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспятая, М. Н. Влияние геймификации на принятие решений онлайн-потребителями / М. Н. Беспятая // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. – 2021. – № 4.
2. Геймификация в e-commerce: в чем польза, какие риски, кейсы ведущих компаний [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – URL: <https://oborot.ru/articles/gamification-v-e-commerce-5-i165824.html>. – (дата обращения 10.03.2025)
3. Завьялов, А. Е. Геймификация в социально-экономическом пространстве / А. Е. Завьялов // Russian Economic Bulletin. – 2023. – Т. 6, № 6. – С. 32-36.
4. Иманов, С. Л. Стратегии повышения лояльности клиентов в электронной коммерции / С. Л. Иманов // Universum: экономика и юриспруденция. – 2025. – № 1(123). – С. 30-35.
5. Мониторинг глобальных трендов цифровизации 2022 «Ростелеком» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – URL: https://www.company.rt.ru/upload/iblock/109/rostelekom_monitoring_2022.pdf. – (дата обращения 10.03.2025)
6. Как геймификация помогает приложениям для электронной коммерции и покупок привлекать пользователей [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – URL: <https://e-pepper.ru/news/kak-geymifikatsiya-pomogaet-prilozheniyam-dlya-elektronnoy-kommertsii-i-pokupok-privlekat-polzovatel.html>. – (дата обращения 10.03.2025)
7. Как приложения электронной коммерции привлекают пользователей с помощью геймификации [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – URL: <https://www.adjust.com/ru/blog/how-e-commerce-apps-can-engage-users-with-gamification/>. – (дата обращения 10.03.2025)
8. Опыт внедрения геймификации в России: 5 успешных кейсов [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – URL: <https://blog.pryaniky.com/gamification-in-russia-5-cases>. – (дата обращения 10.03.2025)
9. 54 Gamification Statistics You Must Know: 2024 Market Share Analysis & Data [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – URL: <https://financesonline.com/gamification-statistics/>. – (дата обращения 10.03.2025)
10. Gamification Statistics [2023]: Facts + Trends You Need To Know By Elsie Boskamp [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – URL: <https://www.zippia.com/advice/gamification-statistics/>. – (дата обращения 10.03.2025)

Мухин Павел Михайлович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: pavel.muhin011@gmail.com

УДК 339.56.055

*Научный руководитель:
Сорокина Елена Сергеевна,
старший преподаватель кафедры
прикладной информатики и
информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

A.O. НАУМЕНКО
A.O. NAUMENKO

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ: БУДУЩЕЕ ЭЛЕКТРОННОГО БИЗНЕСА

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN E-COMMERCE: THE FUTURE OF E-BUSINESS

Статья посвящена анализу влияния искусственного интеллекта (ИИ) на современную электронную коммерцию. Рассматриваются ключевые направления применения ИИ, такие как персонализация, оптимизация поиска, чат-боты поддержки клиентов, прогнозирование спроса и автоматизация логистики. Исследуется потенциал ИИ для повышения эффективности бизнес-процессов, улучшения пользовательского опыта и создания новых возможностей для роста электронного бизнеса в будущем. Подчеркивается необходимость адаптации компаний к технологическим изменениям и активного внедрения ИИ для сохранения конкурентоспособности на рынке электронной коммерции.

Ключевые слова: искусственный интеллект; электронная коммерция; электронный бизнес; бизнес; коммерция.

The article is devoted to the analysis of the impact of artificial intelligence (AI) on modern e-commerce. Key AI applications such as personalization, search optimization, customer support chatbots, demand forecasting, and logistics automation are being considered. The potential of AI to increase the efficiency of business processes, improve user experience and create new opportunities for e-business growth in the future is being explored. The need for companies to adapt to technological changes and actively implement AI is emphasized in order to remain competitive in the e-commerce market.

Keywords: artificial intelligence; e-commerce; e-business; business; commerce.

Электронная коммерция стала неотъемлемой частью современной экономики, трансформировав способы покупки и продажи товаров и услуг. В условиях жесткой конкуренции и быстро меняющихся потребительских предпочтений, компании, работающие в сфере электронной коммерции, вынуждены постоянно искать новые пути повышения эффективности, улучшения пользовательского опыта и оптимизации бизнес-процессов. Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой мощный инструмент, способный кардинально изменить ландшафт электронной коммерции, открывая новые возможности для роста и инноваций. Данная статья рассматривает ключевые области применения ИИ в электронной коммерции, анализирует его влияние на различные аспекты электронного бизнеса и оценивает перспективы развития этой технологии в будущем.

В цифровую эпоху термины «электронная коммерция» и «электронный бизнес» часто используются как взаимозаменяемые, что может приводить к путанице. Однако, несмотря на тесную взаимосвязь, они обозначают разные понятия, имеющие разный масштаб и охват деятельности. Для понимания современной бизнес-среды важно четко различать эти термины.

Электронная коммерция, или электронная торговля (e-commerce) – это процесс покупки, продажи, передачи или обмена продуктами, услугами и информацией с помощью электронных средств коммуникации [1].

Рассмотрим основные виды электронной коммерции:

- B2C (Business-to-Consumer). Продажа товаров и услуг непосредственно потребителям (например, покупка одежды в интернет-магазине). Это наиболее распространенный вид электронной коммерции;
- B2B (Business-to-Business). Продажа товаров и услуг между предприятиями (например, продажа сырья производителю). Этот сектор часто характеризуется большими объемами транзакций;
- C2C (Consumer-to-Consumer). Продажа товаров и услуг между потребителями (например, продажа поддержанных вещей на онлайн-аукционе или продажа своих собственных вещей);
- C2B (Consumer-to-Business). Предоставление товаров или услуг потребителями предприятиям (например, фриланс-услуги);
- B2G (Business-to-Government). Продажа товаров и услуг предприятиями государственным органам, уплата налогов государству;
- C2G (Consumer-to-Government). Уплата налогов, штрафов и других платежей гражданами государственным органам онлайн.

Примерами деятельности в электронной коммерции могут быть:

- продажа товаров в интернет-магазине;
- предоставление онлайн-услуг (например, онлайн-курсы, консультации);
- оплата счетов и услуг через интернет;
- интернет-банкинг;
- покупка билетов онлайн;
- участие в онлайн-аукционах.

Электронный бизнес (e-business) – это бизнес, использующий возможности глобальных информационных систем. Другими словами, это форма ведения бизнеса, при которой значительная его часть выполняется с применением информационных технологий [1]. Электронный бизнес включает в себя не только электронную коммерцию, но и другие процессы, такие как управление цепочками поставок, отношения с клиентами, управление знаниями, совместная работа и внутренние коммуникации. Электронный бизнес предполагает интеграцию информационных технологий во все сферы деятельности организации для повышения эффективности и конкурентоспособности.

Примерами деятельности в электронном бизнесе являются:

- внедрение CRM-системы для автоматизации управления отношениями с клиентами;
- использование ERP-системы для управления финансами, производством и логистикой;
- создание корпоративного портала для обмена информацией между сотрудниками;
- автоматизация процессов управления цепочками поставок;
- использование видеоконференций для проведения онлайн-совещаний;
- внедрение системы электронного документооборота (СЭД).

Ключевые различия между электронной коммерцией и электронным бизнесом описаны в таблице 1.

Электронная коммерция продолжает динамичное развитие, даже несмотря на пандемию, кризисы и санкции, демонстрируя значительный рост показателей в ряде категорий. Например, в 2022 году объем глобальных розничных продаж в интернете достиг уровня в пять триллионов долларов, и прогнозы аналитиков указывают на продолжение роста сегмента электронной коммерции в будущем. Электронная коммерция перестала быть исключительным привилегированным правом крупных корпораций и брендов, становясь доступной на практически любом уровне, включая малые компании и стартапы. Многочисленные маркетплейсы и интернет-магазины предоставляют возможность прямого взаимодействия с клиентами.

Таблица 1 – Различия между электронной коммерцией и электронным бизнесом

Характеристика	Электронная коммерция (E-commerce)	Электронный бизнес (E-business)
Фокус	Онлайн-транзакции купли-продажи товаров и услуг	Интеграция информационных технологий во все сферы деятельности организации
Цель	Получение прибыли посредством онлайн-продаж	Повышение эффективности, конкурентоспособности и прибыльности бизнеса за счет использования информационных технологий
Область применения	Ограничена процессами купли-продажи	Охватывает все бизнес-процессы, включая производство, логистику, финансы, маркетинг, управление персоналом и отношения с клиентами
Масштаб	Относительно узкий	Широкий
Основной инструмент	Интернет-магазин, платежная система, онлайн-маркетинг	ERP-системы, CRM-системы, SCM-системы, системы управления знаниями, средства совместной работы и другие IT-решения

Цифровая трансформация затронула практически все бизнес-процессы внутри компаний, включая CRM, аналитику, оптимизацию логистики и складское хранение. Технологии электронной коммерции не только переформатировали подход к бизнесу, но и продолжают оказывать значительное воздействие на его развитие. Ограничения, вызванные пандемией, периоды самоизоляции и удаленной работы сыграли свою роль в стремительном росте электронной коммерции. То, что планировалось на десятилетия, было реализовано за несколько лет. Для полноценного рассмотрения данного вопроса следует продемонстрировать статистические данные, в которых указано, что:

- к 2032 году ожидается, что рынок искусственного интеллекта для электронной коммерции достигнет внушительной суммы в \$45.72 миллиарда;
- для 84% компаний в электронной коммерции внедрение искусственного интеллекта является ключевым приоритетом;
- применение искусственного интеллекта в электронной коммерции приводит к более чем 25% повышению удовлетворенности клиентов, а также снижению затрат.

Полученные данные подчеркивают растущее влияние искусственного интеллекта на электронную коммерцию и выявляют потенциальные преимущества для бизнеса и потребителей. Внедрение искусственного интеллекта способствует лучшему пониманию потребностей клиентов, предоставлению персонализированных рекомендаций и оптимизации внутренних процессов, делая процесс покупок более эффективным [2].

Искусственный интеллект уже произвел революцию в том, как люди работают сегодня. От оптимизации бизнес-операций до улучшения процессов принятия решений – он показал реальный потенциал в различных отраслях. Согласно исследованию PwC, в 2030 году мировой ВВП вырастет на 14% благодаря повсеместному внедрению технологий ИИ. Это принесет дополнительные 15,7 трлн долларов в экономику [3].

Одним из наиболее перспективных направлений применения ИИ в электронной коммерции является персонализация. ИИ позволяет анализировать огромные объемы данных о поведении пользователей, их предпочтениях, истории покупок и демографических характеристиках, чтобы предлагать каждому клиенту индивидуальный опыт взаимодействия с онлайн-магазином.

Персонализация пользовательского опыта с помощью ИИ-технологий включает:

- рекомендательные системы. ИИ-оснащенные рекомендательные системы анализируют данные о просмотренных и купленных товарах, поисковых запросах и других действиях пользователя, чтобы предлагать ему релевантные продукты и услуги;
- персонализированный контент. ИИ позволяет динамически изменять контент веб-сайта, отображая пользователю наиболее интересные и актуальные предложения, баннеры и промоакции;

- персонализированные поисковые результаты. ИИ оптимизирует поисковые результаты с учетом индивидуальных предпочтений пользователя, выдавая наиболее релевантные товары и услуги;

- персонализированные email-рассылки. ИИ позволяет создавать email-рассылки, содержащие индивидуальные предложения, акции и информацию о новых товарах, которые могут заинтересовать конкретного пользователя.

ИИ может значительно улучшить поиск и навигацию по веб-сайту, упрощая процесс поиска нужных товаров и услуг для пользователей.

В оптимизацию поиска и навигацию с помощью ИИ включается:

- обработка естественного языка (NLP). ИИ позволяет понимать сложные запросы пользователей, сформулированные на естественном языке, и выдавать более точные и релевантные результаты поиска;

- визуальный поиск. ИИ позволяет пользователям искать товары, используя изображения, что особенно удобно для поиска одежды, обуви и других визуально ориентированных товаров;

- автоматическая категоризация товаров. ИИ может автоматически классифицировать товары по категориям и подкатегориям, упрощая навигацию по сайту и повышая точность поиска;

- оптимизация поисковых подсказок. ИИ анализирует поисковые запросы пользователей, чтобы предлагать им релевантные подсказки, ускоряя процесс поиска.

Чат-боты, работающие на основе ИИ, позволяют автоматизировать процесс поддержки клиентов, обеспечивая быстрые и эффективные ответы на часто задаваемые вопросы.

Чат-боты поддержки клиентов имеют следующие преимущества:

- круглосуточная поддержка. Чат-боты могут предоставлять поддержку клиентам 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, без необходимости привлечения операторов;

- обработка типовых запросов. Чат-боты могут автоматически отвечать на вопросы о статусе заказа, условиях доставки, возврате товара и других типовых запросах;

- передача сложных вопросов операторам. Чат-боты могут перенаправлять сложные вопросы операторам, обеспечивая бесперебойную поддержку клиентов;

- персонализированное взаимодействие. Чат-боты могут персонализировать взаимодействие с клиентами, обращаясь к ним по имени и предлагая решения, основанные на их предыдущем опыте.

ИИ позволяет прогнозировать спрос на товары и услуги, оптимизируя запасы и снижая издержки.

Примерами процессов прогнозирования спроса и оптимизации запасов с помощью ИИ-технологий являются:

- анализ исторических данных. ИИ анализирует данные о прошлых продажах, сезонности, промоакциях и других факторах, чтобы прогнозировать будущий спрос;

- оптимизация уровня запасов. ИИ позволяет определить оптимальный уровень запасов для каждого товара, минимизируя риск дефицита и излишков;

- динамическое ценообразование. ИИ позволяет автоматически корректировать цены в зависимости от спроса, конкуренции и других факторов, максимизируя прибыль;

- прогнозирование оттока клиентов. ИИ позволяет выявлять клиентов, которые находятся в зоне риска ухода, и принимать меры для их удержания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронная коммерция [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. Ю. Вологжанин, В. В. Ильин, Л. С. Галкина ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2024. – 2,40 Мб; 198 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnieposobiya/elektronnaya-kommerciya.pdf>. – Заглавие с экрана (дата обращения: 25.02.2025).

2. Слицкая Анна Евгеньевна Почему искусственный интеллект – это будущее электронной коммерции // Universum: технические науки. 2023. №12-1 (117). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pochemu-iskusstvennyy-intellekt-eto-budushee-elektronnoy-kommertsii> (дата обращения: 25.02.2025).

3. Икрамов М. М., Джуманиязова М. Ю. Роль искусственного интеллекта в развитие электронной коммерции // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. №5-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-iskusstvennogo-intellekta-v-razvitie-elektronnoy-kommertsii> (дата обращения: 03.03.2025).

Науменко Ангелина Олеговна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: angel.naumenko2014@gmail.com

УДК 681.3.15

Научный руководитель:
Маврин Сергей Анатольевич,
 доцент кафедры информационной безопасности,
 ФГАОУ ВО «СевГУ» (Севастополь, Россия)

A.B. NEPYSH
 A.V. NERUSH

АДАПТИВНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ КИБЕРУГРОЗ В КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

ADAPTIVE DETECTION OF CYBER THREATS IN CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE USING HYBRID MACHINE LEARNING MODELS

В данной статье рассматривается проблема обнаружения киберугроз в критической информационной инфраструктуре (КИИ). Предложена гибридная модель, основанная на комбинации методов машинного обучения и нечеткой логики, которая позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям работы КИИ. Проведено сравнение предложенной модели с традиционными методами обнаружения атак. Результаты экспериментов демонстрируют высокую точность и эффективность разработанной системы.

Ключевые слова: машинное обучение, нейросети, нечеткая логика, киберугрозы, критическая информационная инфраструктура, обнаружение атак.

This article addresses the problem of detecting cyber threats in critical information infrastructure (CII). A hybrid model based on a combination of machine learning methods and fuzzy logic is proposed, which allows adapting to changing CII operating conditions. The proposed model is compared with traditional attack detection methods. Experimental results demonstrate high accuracy and efficiency of the developed system.

Keywords: machine learning, neural networks, fuzzy logic, cyber threats, critical information infrastructure, attack detection.

Рост сложности киберугроз и необходимость адаптивных систем защиты для критической информационной инфраструктуры (КИИ) делают актуальной разработку новых подходов к обнаружению атак. Современные методы, такие как сигнатурный анализ, не справляются с полиморфными и целевыми атаками. В связи с этим целью исследования является разработка гибридной системы обнаружения атак, основанной на машинном обучении и нечеткой логике, адаптирующейся к изменяющимся условиям работы КИИ.

Гибридные модели, сочетающие нейросети и нечеткую логику, позволяют преодолеть ограничения традиционных методов за счет универсальности и возможности работы в условиях неопределенности.

Для каждого параметра сетевого трафика определено терм-множество вида {Н(низкий), С(средний), В(высокий)}. Таким образом, количество пакетов в секунду считается низким (Н), если их менее 50, средним (С) – от 50 до 200, и высоким (В) – более 200. Функция принадлежности задается по формуле (1):

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 50, \\ \frac{200 - x}{150}, & 50 < x \leq 200, \\ 0, & x > 200 \end{cases} \quad (1)$$

Предложенная модель основана на многослойном перцептроне (MLP), который обучается с использованием метода обратного распространения ошибки. Архитектура сети разработана с учётом специфики задачи классификации сетевого трафика [1].

Входной слой содержит 16 нейронов, каждый из которых соответствует одному из параметров сетевого трафика. Эти параметры включают:

- Количество пакетов в секунду (P_{packets}).
- Средний размер пакета (S_{packet}).
- Частота подключений ($F_{\text{connections}}$).
- Количество уникальных IP-адресов (NIP).
- Порт назначения (D_{port}).

Все входные данные нормализуются в диапазоне $[0,1]$ для улучшения сходимости модели. Нормализация выполняется по формуле (2).

$$x_{\text{norm}} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

где $x_{\max}$ и $x_{\min}$ – минимальное и максимальное значения параметра в обучающем наборе данных.

Сеть содержит два скрытых слоя, которые обеспечивают необходимую вычислительную мощность для обработки сложных зависимостей в данных. Первый скрытый слой состоит из 32 нейронов, активационной функцией которых является ReLU (Rectified Linear Unit, или «Прямоугольная линейная единица») ($f(x) = \max(0, x)$). Данная функция обеспечивает нелинейность модели и предотвращает проблему затухающих градиентов, что особенно важно при работе с большими объёмами данных. Второй скрытый слой содержит 16 нейронов с той же активационной функцией ReLU, что позволяет дополнительно сжать информацию и выделить наиболее значимые признаки для классификации [1-3].

Для предотвращения переобучения модели между скрытыми слоями применяется метод регуляризации Dropout с вероятностью отключения нейронов $p=0.2$. Dropout случайным образом деактивирует часть нейронов на каждом шаге обучения, что снижает риск зависимости модели от конкретных весов и повышает её обобщающую способность.

Выходной слой содержит один нейрон, который выдаёт значение в диапазоне $[0,1]$ с использованием сигмоидальной активационной функции, она вычисляется по формуле (3):

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

Значение выходного нейрона интерпретируется как вероятность того, что трафик является атакой. Если значение превышает порог $T=0.5$, трафик классифицируется как «атака», иначе – как «легитимный».

Процесс обучения модели

Для обучения и тестирования модели используется датасет CICIDS2017, который содержит информацию о сетевом трафике, включая метки легитимного трафика и различных типов атак. Исходный набор данных разделяется на три части:

- Обучающая выборка (70%): используется для непосредственного обучения модели. На этом этапе модель обучается выявлять паттерны, характерные для легитимного трафика и атак.
- Валидационная выборка (15%): применяется для оценки качества модели во время обучения. Валидационная выборка позволяет отслеживать, насколько хорошо модель обобщает данные, и предотвращает переобучение.
- Тестовая выборка (15%): используется для финальной оценки модели после завершения обучения. Тестовая выборка имитирует реальные условия работы системы и позволяет получить объективные метрики качества [2,4].

Модель обучается в течение 50 эпох, где каждая эпоха представляет собой полный проход по всем данным обучающей выборки. Для предотвращения эффекта порядка,

который может возникнуть из-за повторяющихся последовательностей данных, на каждой эпохе обучающая выборка случайным образом перемешивается. Это помогает модели лучше обобщать данные и снижает риск переобучения на конкретных паттернах.

На каждом шаге обучения вычисляется значение функции потерь – бинарной кросс-энтропии, которая измеряет расхождение между предсказаниями модели и истинными метками. Для вычисления функции потерь используется формула (4).

$$L = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i \cdot \log(y'_i) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - y'_i)] \quad (4)$$

где N – количество образцов в обучающем наборе данных, y_i – истинная метка (1 для атаки, 0 для легитимного трафика), y'_i – предсказанная вероятность.

Для минимизации функции потерь используется алгоритм стохастического градиентного спуска (SGD) с адаптивным шагом обучения (Adam optimizer). Гиперпараметры оптимизатора настроены следующим образом: скорость обучения (η) установлена на уровне 0.001, коэффициенты экспоненциального сглаживания (β_1, β_2) равны 0.9 и 0.999, соответственно.

Чтобы предотвратить переобучение модели, применяется метод ранней остановки (early stopping). После каждой эпохи вычисляется значение функции потерь на валидационной выборке. Если значение функции потерь на валидации не улучшается в течение 10 последовательных эпох, обучение прекращается. Этот подход позволяет сохранить лучшую версию модели и избежать излишнего усложнения, которое может привести к снижению обобщающей способности.

После завершения обучения модель тестируется на тестовой выборке, которая не использовалась ни на этапе обучения, ни на этапе валидации. Это позволяет получить объективную оценку её производительности в реальных условиях.

Результаты тестирования используются для вычисления ключевых метрик качества:

- точность (Accuracy) – вычисляется по формуле (5):

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (5)$$

где TP – истинно положительные, TN – истинно отрицательные, FP – ложно положительные, FN – ложно отрицательные;

- полнота (Recall) – вычисляется по формуле (6):

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6)$$

- F1-мера – вычисляется по формуле (7):

$$F1 = 2 \cdot \frac{Accuracy \cdot Recall}{Accuracy + Recall} \quad (7)$$

Результаты оценки точности обнаружения компьютерных атак

Для оценки эффективности предложенной гибридной модели были проведены эксперименты на датасете CICIDS2017, который содержит информацию о сетевом трафике и метки для различных типов атак. В рамках исследования мы сравнили несколько моделей, включая традиционные методы (например, сигнатурный анализ) и современные подходы на основе машинного обучения. Все модели обучались на одних и тех же данных, что позволяет провести объективное сравнение их производительности [5].

Для оценки точности обнаружения различных компьютерных атак была выполнена серия экспериментов с использованием нескольких наборов данных, включая:

- IoT Network Intrusion (IEEEDataPort): содержит информацию о сетевом трафике в IoT-средах, включая легитимный трафик и различные типы атак.
- Malware on IoT (Stratosphere Lab): включает данные о поведении вредоносного ПО в IoT-устройствах.
- The BoT-IoT (NSW Canberra): предоставляет данные о ботнет-атаках и других угрозах в IoT-сетях.

В рамках экспериментов оценивалось качество классификации на основе ошибок I и II рода:

- Ошибка I рода (ложное срабатывание): классификация легитимного трафика как атаки.
- Ошибка II рода (пропуск атаки): классификация атаки как легитимного трафика.

Таблица 1 – Сравнение точности обнаружения компьютерных атак различными моделями

Модель	Набор данных	Точность (Accuracy, %)	Ложные срабатывания (%)	Пропуски атак (%)
Сигнатурный анализ	IoT Network Intrusion	85	10	15
	Malware on IoT	82	12	18
	The BoT-IoT	80	14	20
Поведенческий анализ	IoT Network Intrusion	88	8	12
	Malware on IoT	85	10	15
	The BoT-IoT	83	11	17
Градиентный бустинг	IoT Network Intrusion	93	4	7
	Malware on IoT	92	5	8
	The BoT-IoT	91	6	9
Предложенная гибридная модель	IoT Network Intrusion	98	2	3
	Malware on IoT	97	2	3
	The BoT-IoT	96	2	4

На основании проведённых экспериментов можно сделать следующие выводы.

Сигнатурный анализ показывает относительно низкую точность ($Accuracy=0.82$) и высокий уровень ложных срабатываний (12.3%). Это связано с тем, что данный метод не способен обнаруживать новые или модифицированные атаки, которые отсутствуют в базе сигнатур [6].

Поведенческий анализ демонстрирует более высокую полноту ($Recall=0.80$), но страдает от большого количества ложных срабатываний (15.1%). Этот метод хорошо выявляет аномалии, но часто ошибочно классифицирует легитимный трафик как атаку.

Однослойная нейросеть и многослойная нейросеть (MLP) показывают значительное улучшение по сравнению с традиционными методами. Однако их точность всё ещё ниже, чем у современных алгоритмов, таких как градиентный бустинг.

Градиентный бустинг (XGBoost) является одним из лучших методов среди традиционных алгоритмов машинного обучения. Он достигает $Accuracy=0.90$ и $F1=0.89$, что делает его надёжным решением для задачи обнаружения атак.

Предложенная гибридная модель демонстрирует наилучшие результаты среди всех рассмотренных методов. Её точность составляет $Accuracy=0.92$, а уровень ложных срабатываний снижен до 5.8%. Это достигается за счёт комбинации нечёткой логики и многослойной нейросети, что позволяет модели адаптироваться к изменяющимся условиям работы КИИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лиашева К.В., Сперанский С.Н. Кибербезопасность в эпоху цифровизации: вызовы для глобального общества / К.В. Лиашева, С.Н. Сперанский // Проблемы развития современного общества: сборник научных статей 10-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х томах. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2025. – С. 240–243.
2. Василенко И.А. Анализ рисков и направлений их устранения для национальной критической информационной инфраструктуры в условиях роста угроз безопасности / И.А. Василенко // Вестник национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 78–83. – DOI: 10.26583/vestnik.2025.1.7.
3. Панилов П.А., Кокорев А.В. Эволюционные алгоритмы оптимизации управления безопасностью критической инфраструктуры на основе когнитивных карт / П.А. Панилов, А.В. Кокорев // Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов: сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Москва: Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Академия управления Министерства внутренних дел Российской Федерации», 2024. – С. 232–238.
4. Алексанов А.Н. Анализ применения искусственного интеллекта в государственных учреждениях города Москвы / А.Н. Алексанов // Учет и контроль. – 2023. – № 10. – С. 7–16. – eISSN 2415-7783.
5. Гаврилова И.В. Технологии open source для искусственного интеллекта / И.В. Гаврилова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы 80-й международной научно-технической конференции. Том 1. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2022. – С. 403.
6. Петькун Е.М. Тенденции развития SIEM-систем для критической инфраструктуры Российской Федерации / Е.М. Петькун // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании: сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции. – Ижевск: Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, 2024. – С. 393–398.

Неруш Алёна Викторовна

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», (г. Севастополь, Россия)

Студент кафедры «Информационная безопасность»

E-mail: nerush03@mail.ru

УДК 004.8

*Научный руководитель:
Ильинская Елена Владимировна,
доцент кафедры прикладной
информатики и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Д.С. НЕСТЕРОВ
D.S. NESTEROV

**ИИ-КОНСУЛЬТАНТЫ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ:
ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ**
**ANALYSIS OF MODERN STANDARDS AND COMPUTER
NETWORK MANAGEMENT TOOLS**

В данной статье авторы рассматривают ИИ-консультанты как перспективное направление развития цифровых технологий. Представлены основные сферы их применения, включая финансы, медицину, юриспруденцию, HR и клиентскую поддержку. Подробно описаны ключевые технологии, лежащие в основе работы ИИ-консультантов, такие как обработка естественного языка, машинное обучение и нейросетевые модели. Проанализированы текущие вызовы, связанные с этическими, техническими и юридическими аспектами использования ИИ. Обозначены направления дальнейшего развития и совершенствования ИИ-консультантов в условиях цифровой трансформации общества.

Ключевые слова: искусственный интеллект, ИИ-консультанты, обработка естественного языка (NLP), машинное обучение, нейронные сети, генеративные модели, робо-адвайзеры, автоматизация, цифровая трансформация, этические аспекты ИИ, персонализированное консультирование, технологии будущего.

In given article, the authors consider I-consultants as a promising direction for the development of digital technologies. The main areas of their application are presented, including finance, medicine, law, HR and customer support. The key technologies underlying the work of I-consultants, such as natural language processing, machine learning, and neural network models, are described in detail. The current challenges related to the ethical, technical and legal aspects of using AI are analyzed. The directions of further development and improvement of AI consultants in the context of digital transformation of society are outlined.

Keywords: artificial intelligence, I-consultants, natural language processing (NLP), machine learning, neural networks, generative models, robo-advancers, automation, digital transformation, ethical aspects of AI, personalized counseling, technologies of the future.

Развитие искусственного интеллекта привело к появлению интеллектуальных систем, способных выполнять аналитическую и консультационную деятельность наравне с человеком. Сегодня ИИ-консультанты уже не являются футуристической концепцией – они активно применяются в бизнесе, государственном управлении и повседневной жизни.

ИИ-консультанты представляют собой программные решения, использующие алгоритмы машинного обучения, обработки естественного языка и нейросетевые технологии для анализа входящих данных, обработки запросов пользователей и выдачи рекомендаций. Такие системы обладают рядом преимуществ перед традиционными консультантами-людьми: они работают круглосуточно, могут мгновенно обрабатывать большие объемы данных и способны адаптироваться к изменяющимся условиям [1].

Однако, несмотря на очевидные преимущества, ИИ-консультанты сталкиваются с рядом вызовов. Среди них – недостаточная точность работы в сложных ситуациях, вопросы этики и регулирования, а также влияние на рынок труда. В данной статье подробно рассматриваются возможности и ограничения ИИ-консультантов, а также перспективы их дальнейшего развития.

Современные ИИ-консультанты базируются на ряде ключевых технологий [3]:

- обработка естественного языка (NLP) позволяет системам понимать и генерировать текст, обеспечивая взаимодействие с пользователями;
- машинное обучение (ML) и глубокое обучение (DL) используются для анализа данных и построения предсказательных моделей;
- компьютерное зрение применяется в ИИ-консультантах, ориентированных на анализ изображений и видео;
- облачные технологии обеспечивают вычислительные мощности для работы ИИ-систем и хранения данных.

ИИ-консультанты применяются в самых разных сферах, причем их роль продолжает расширяться. Рассмотрим основные области их использования.

В банковской и финансовой сфере ИИ-консультанты помогают клиентам управлять инвестициями, анализировать финансовые риски и даже формировать персонализированные стратегии сбережений. Примером являются робо-адвайзеры – автоматизированные системы, предлагающие инвестиционные решения на основе анализа данных. Такие системы способны учитывать предпочтения пользователей, их риск-профиль и рыночные условия, предлагая наилучшие варианты вложений [2].

Другим важным направлением является автоматическое кредитное скорингование. Банки и финансовые организации используют ИИ для анализа кредитоспособности заемщиков, оценивая их платежеспособность на основе данных о доходах, кредитной истории и поведении в интернете.

ИИ-консультанты применяются для анализа юридических документов, подготовки контрактов и оказания правовой помощи. Такие системы могут автоматически находить ошибки в договорах, прогнозировать исход судебных разбирательств на основе прецедентов и даже выступать в роли виртуальных адвокатов.

Примером является ROSS Intelligence – система, которая анализирует юридические документы и помогает юристам быстрее находить нужную информацию в судебных делах.

В здравоохранении ИИ-консультанты помогают врачам ставить диагнозы, разрабатывать схемы лечения и анализировать медицинские изображения. Такие системы, как IBM Watson Health, используют машинное обучение для обработки данных о пациентах и рекомендаций по лечению на основе лучших мировых практик [4].

ИИ также активно применяется в телемедицине – чат-боты и голосовые помощники могут проводить предварительную диагностику, анализируя симптомы и предлагая рекомендации по дальнейшим действиям.

В сфере подбора персонала ИИ помогает анализировать резюме, проводить первичные собеседования и даже оценивать психологические характеристики кандидатов. Такие системы способны выявлять соответствие кандидатов требованиям вакансий на основе анализа их навыков, опыта и профессиональной деятельности.

Чат-боты и голосовые помощники, работающие на основе ИИ, уже стали стандартом в сфере обслуживания клиентов. Они отвечают на вопросы пользователей, помогают оформлять заказы, решают технические проблемы и обеспечивают круглосуточную поддержку.

Несмотря на их многочисленные преимущества, ИИ-консультанты сталкиваются с рядом проблем:

- ответственность за ошибки, правовое регулирование работы ИИ;
- даже самые современные ИИ-модели могут допускать ошибки в сложных вопросах, не всегда понимая контекст диалога;
- использование ИИ в консультационной деятельности вызывает множество вопросов, связанных с приватностью данных, возможной дискриминацией и предвзятостью алгоритмов;

– зависимость от данных ИИ-консультанты обучаются на больших массивах данных, и, если эти данные содержат ошибки или предвзятость, система может воспроизводить их.

ИИ-консультанты оказывают влияние на рынок труда и образование. Одним из ключевых последствий активного внедрения ИИ-консультантов в экономику и социальную сферу становится трансформация рынка труда. Интеллектуальные системы начинают выполнять задачи, ранее доступные исключительно специалистам: консультирование клиентов, анализ сложной информации, подготовка заключений и рекомендаций. Это вызывает опасения в части возможного вытеснения человека с определённых рабочих мест, особенно в сферах, связанных с рутинной аналитической и консультативной деятельностью [6].

Однако, несмотря на эти риски, ИИ, скорее, не заменяет специалистов, а расширяет их возможности. Вместо полной автоматизации наблюдается гибридизация труда, при которой человек и ИИ действуют как партнёры. Например, юрист может использовать ИИ-консультанта для первичного анализа документации, а затем самостоятельно принимать стратегические решения. Врач может полагаться на рекомендации ИИ при выборе схемы лечения, но сохраняет клиническую ответственность.

Для адаптации к новым условиям становится критически важным развитие цифровых компетенций у работников. Образовательные учреждения должны учитывать актуальные изменения и включать в программы подготовки специалистов знания о работе с ИИ-системами, принципах их функционирования, возможностях и ограничениях. Необходимы междисциплинарные подходы, сочетающие ИТ, аналитику данных и профессиональные знания конкретной отрасли.

Особое внимание должно уделяться этическому воспитанию будущих специалистов. Понимание последствий внедрения ИИ, ответственности за использование автоматизированных решений и защита прав пользователя должны стать неотъемлемыми компонентами образовательного процесса.

ИИ-консультанты не только трансформируют рынок труда, но и становятся стимулом к модернизации образования, формируя запрос на специалистов нового типа — цифрово-грамотных, адаптивных и критически мыслящих. ИИ-консультанты являются мощным инструментом, способным значительно повысить эффективность работы в различных сферах. Однако их развитие требует решения множества технологических, этических и юридических вопросов. В ближайшие годы можно ожидать значительного роста использования ИИ-консультантов, что потребует совершенствования как самих технологий, так и нормативно-правовой базы их применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Russell, S. Artificial Intelligence: A Modern Approach [Текст] / S. Russell, P. Norvig. – 4th ed. – New York: Pearson, 2021. – 1152 с.
2. Goodfellow, I. Deep Learning [Текст] / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 с.
3. Lecun, Y. Deep learning [Текст] / Y. Lecun, Y. Bengio, G. Hinton // Nature. – 2015. – Vol. 521, № 7553. – С. 436–444.
4. IBM Watson Health [Электронный ресурс]: решения на базе ИИ в медицине. – Электрон. текстовые дан. – URL: <https://www.ibm.com/watson-health> (дата обращения 15.04.2025).
5. ROSS Intelligence [Электронный ресурс]: юридическая система на основе ИИ. – Электрон. текстовые дан. – URL: <https://rossintelligence.com> (дата обращения 15.04.2025).

Нестеров Дмитрий Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1469462@bsuedu.ru

Научный руководитель:
Мигаль Лариса Владимировна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

В.Н. НИКОЛЕНКО, В.А. МАСЛИЙ
V.N. NIKOLENKO, V.A. MASLIJ

СОЗДАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВЫБОРУ КНИГ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КАТАЛОГИЗАЦИИ БИБЛИОТЕКИ

CREATION OF RECOMMENDATIONS ON THE SELECTION OF BOOKS FOR THE FORMATION OF A LIBRARY CATALOGING SYSTEM

В статье рассматриваются способы улучшения обслуживания пользователей библиотек с помощью современных информационно-коммуникационных технологий. Особое внимание уделено системе корпоративной каталогизации, позволяющей объединить региональные ресурсы и минимизировать дублирование усилий. Внедрение таких систем обусловлено увеличением информационных потоков и активным развитием веб-технологий. Цифровые каталоги облегчают работу библиотекарей и предоставляют пользователям удаленный доступ к информации, хотя существующие интерфейсы часто остаются сложными и ограниченными. В статье подчеркивается важность внедрения удобных цифровых инструментов для повышения эффективности работы библиотек и удовлетворения требований современного общества.

Ключевые слова: каталогизация библиотеки, информационная система, ИС библиотеки, СППР по выбору книг, каталог

The article discusses ways to improve the service of library users using modern information and communication technologies. Special attention is paid to the corporate cataloging system, which allows combining regional resources and minimizing duplication of efforts. The introduction of such systems is due to the increase in information flows and the active development of web technologies. Digital catalogs make librarians' work easier and provide users with remote access to information, although existing interfaces often remain complex and limited. The article highlights the importance of introducing user-friendly digital tools to improve library performance and meet the demands of modern society.

Keywords: library cataloging, information system, library information system, book selection software, catalog

Библиотеки, используя современные информационно-коммуникационные технологии, улучшают обслуживание пользователей. Ключевым направлением модернизации стала система корпоративной каталогизации, объединяющая ресурсы регионов и минимизирующая дублирование работ. Этот проект помогает расширить перечень библиотечных услуг. Рост его значимости обусловлен увеличением объемов информации, развитием веб-технологий и пониманием пользы коллективной работы над единым информационным ресурсом [3].

Сегодняшние электронные каталоги упрощают деятельность библиотекарей и предоставляют пользователям удаленный доступ к информации о книгах. Однако сложности интерфейсов и ограничения функционала мешают посетителям полноценно использовать возможности цифровых систем. Цифровая трансформация библиотек приобретает особую актуальность по следующим причинам:

- повышение осведомленности о потреблении и экологии ведет к росту популярности повторного использования книг, снижая спрос на новые издания;
- большинство интерфейсов сложны, медлительны и перегружены избыточной информацией;

- простые системы отзывов, рейтингов и рекомендаций помогают читателям быстрее находить нужные книги;
- сокращение времени, проведенного пользователями в библиотеке, снижает нагрузку на сотрудников;
- веб-сервисы предоставляют доступ к цифровым и аудиокнигам, дополняя традиционные форматы.

Эти факторы подчеркивают необходимость внедрения удобных цифровых инструментов для оптимизации работы библиотек и соответствия современным требованиям общества. Чтобы облегчить пользователям выбор книг, предлагается внедрить систему рекомендаций. Она помогает концентрироваться на релевантном контенте [2].

Сайт предлагает три типа рекомендаций:

- популярные книги с высокими оценками (простые рекомендации), видны на главной странице всем пользователям;
- похожие книги (фильтрация по содержанию), показываются на странице книги и подобраны по тематике;
- персонализированные рекомендации (коллаборативная фильтрация), доступны на главной странице для зарегистрированных пользователей, когда система узнает их предпочтения.

Проблема «холодного старта» возникает, когда новому пользователю нечего рекомендовать из-за отсутствия данных о его интересах. Тогда ему предлагаются популярные и похожие материалы.

Простая система рекомендаций будет основана на выборе книг с наивысшим рейтингом. Исходными данными станут рейтинг книги и количество её оценок. Взвешенный рейтинг будет рассчитан по формуле:

$$\text{WeighredRating (WR)} = \frac{v}{v + m} * R + \frac{m}{v + m} * C$$

где, v – количество оценок книги; m – минимальное количество голосов, необходимое для включения книги в рейтинг, выбирается исходя из данных; R – рейтинг книги (среднее значение по всем оценкам); C – среднее количество оценок книги по всему набору данных.

Взвешенный рейтинг используется, чтобы избежать случаев, когда книга с одним отзывом и рейтингом 10.0 превзойдет книгу с 5000 оценками и рейтингом 8.7.

Для подбора похожего контента в библиотечной системе можно использовать методы обработки естественного языка (NLP). Каждое произведение сопровождается описанием, на основе которого определяются схожие книги. Описания преобразуются в векторы, отражающие смысловую нагрузку. Например, вектор слова «мужчина» будет ближе к вектору слова «корабль», чем к вектору слова «женщина». Сравнивая эти векторы, можно оценить их близость.

В NLP существует несколько способов представления текста в виде векторов, таких как *Bag of Words*, *TF-IDF* и *Word Embeddings*. В этом исследовании рассматривается метод *TF-IDF*, который требует определения двух параметров: *Term Frequency (TF)* – частота слова в документе, *Inverse Document Frequency (IDF)* – обратная частота документа.

IDF считается следующим образом:

$$IDF(t) = \ln \frac{1 + n}{1 + df(t)} + 1$$

где, n – количество текстов; $df(t)$ – количество текстов, которые содержат слово t .

Частота слова в документе $TF(t, d)$ определяется количеством вхождений слова t в текст d . Тогда $TF-IDF(t, d)$ рассчитывается по следующей формуле:

$$TF - IDF(t) = TF(t, d) * IDF(t)$$

Результатом умножения становится матрица, где строки равны количеству текстов в наборе данных, а столбцы – числу уникальных слов. В *TF-IDF* редкие и повсеместно встречающиеся слова оказываются менее значимыми, что помогает выделить ключевые слова текста.

Далее необходимо измерить близость между векторами, для чего используется формула косинусной близости:

$$\cos(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}}$$

Чем выше коэффициент косинусной близости, тем сильнее сходство между текстами. Этот показатель используется для формирования рекомендаций на основе контента. Далее необходимо рассмотреть возможность коллаборативной фильтрации.

Коллаборативная фильтрация используется для персонализации рекомендаций, основанных на предпочтениях пользователя. Эти предпочтения можно определить по различным действиям, таким как просмотр страниц, добавление в избранное, оценка книг и написание отзывов. В данном исследовании акцент делается на оценку книг пользователями.

Новый пользователь сначала видит популярные и тематически близкие книги, пока система собирает данные о его предпочтениях. Со временем, на основе выставяемых оценок, система начинает прогнозировать интересы пользователя. Задача системы с коллаборативной фильтрацией – предсказать, какие оценки пользователь поставит другим книгам.

Коллаборативная фильтрация может быть выполнена с помощью двух подходов: *memory-based* и *model-based*. *Memory-based* подход использует статистические методы и работает с полным набором данных. Он ищет пользователей с похожими интересами на основе их рейтингов. Преимущество этого метода – легкость интерпретации результатов, что важно для рекомендательных систем. Однако его эффективность снижается при работе с разреженными матрицами, когда товаров много, а оценок мало.

Model-based подход применяет алгоритмы data mining и машинного обучения. Он предсказывает возможные оценки пользователей для книг. Его преимущество – уменьшение размерности данных, что избавляет от сложных расчетов с разреженными матрицами. В данном исследовании предлагается использовать *model-based* алгоритм факторизации матриц.

Предполагается, что матрицу рейтингов пользователей M можно разложить на две матрицы: X , описывающую характеристики пользователей, и Y , отражающую свойства книг:

$$M \approx X * Y^T$$

Задачей обучения модели является нахождение матриц X и Y , минимизирующих разницу между предсказанными и реальными рейтингами и рассчитывается по следующей формуле:

$$\min_{X \in R^{m \times d} \ Y \in R^{n \times d}} \sum_{i,j} (M_{i,j} - X_i Y_j)^2$$

где, m – количество пользователей, n – количество книг, d – размер векторного описания пользователей и книг (embedding).

Факторизация матрицы рейтингов представлена на рисунке 1.

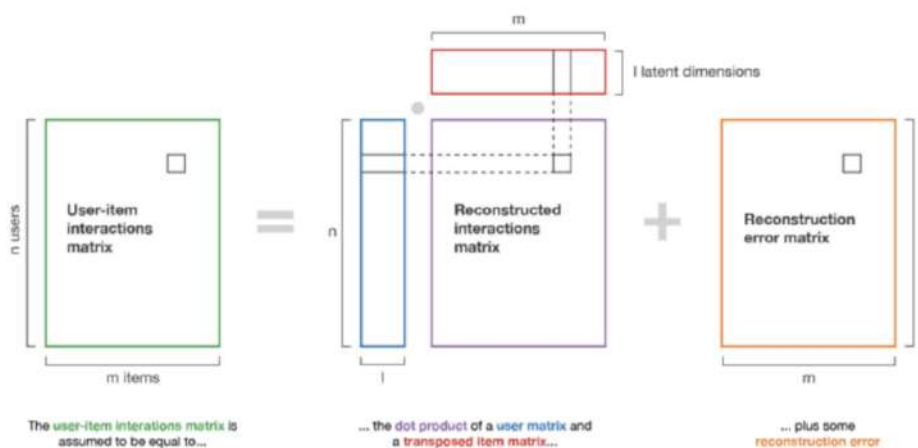


Рисунок 1 – Факторизация матрицы рейтингов

Для разработки интерфейса системы планируется использовать *Adobe XD*, который поддерживает векторную графику, автоматически создаёт спецификации и предлагает инструменты прототипирования. Программа позволяет создавать реалистичные приложения и тестировать сценарии. Были созданы дизайн-система и библиотека компонентов, что облегчит дальнейшую разработку, так как программисты смогут ориентироваться на готовые макеты и спецификации. Используя архитектуру системы, сценарии использования и дизайн-макеты будет разработан веб-сайт библиотеки с каталогом и рекомендательная система по выбору книги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдырева, И. С. Практические аспекты автоматизированной предметной каталогизации: опыт Немецкой национальной библиотеки / И. С. Болдырева // Румянцевские чтения - 2020 : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 21–24 апреля 2020 года / Составитель Е.А. Иванова. Редколлегия: В.В. Дуда (председатель), Ю.С. Белянкин, Е.Н. Гусева [и др.]. Том Часть 1. – Москва: Издательство "Пашков дом", 2020. – С. 88-92. – EDN LXDPCA
2. Кондратенко, О. О. Корпоративная каталогизация в библиотеках Крыма: использование опыта библиотек России и Украины: специальность 05.25.03 Библиотековедение, библиографоведение и книговедение: диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Кондратенко Оксана Олеговна. – Москва, 2018. – 248 с. – EDN XMKWYN
3. Софронеева, О. С. Каталогизация в новых реалиях: опыт и возможности Национальной библиотеки Республики Саха (Якутия) / О. С. Софронеева // Грибановские чтения - 2022 : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Якутск, 14–16 декабря 2022 года. – Якутск: Национальная библиотека Республики Саха (Якутия), 2023. – С. 318-324. – EDN GNBKOJ

Николенко Владислав Николаевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
Email: 1763812@bsuedu.ru

Маслий Владислав Антонович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (г.Москва, Россия)
Студент кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий
Email: masliyvlad2001@yandex.ru

УДК 681.3

*Научный руководитель
Гальцев Олег Владимирович,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

A.C. НОВОМЛИНСКАЯ
A.S. NOVOMLINSKAYA

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДАЖ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

AUGMENTED REALITY AS A TOOL TO BOOST ONLINE STORE SALES

Данная обзорная статья посвящена исследованию актуального направления в сфере мобильной разработки – созданию мобильного приложения для магазина Poizon95 с функцией онлайн примерки одежды и обуви. В статье рассмотрены современные тенденции в электронной коммерции, связанной с использованием технологий дополненной реальности, а также проанализированы существующие решения и подходы к реализации виртуальной примерки.

Ключевые слова: дополненная реальность, мобильное приложение, онлайн примерка, виртуальная примерка, электронная коммерция, AR, компьютерное зрение, нейросети, цифровой ритейл.

This review article explores a relevant and rapidly developing area in mobile software development — the creation of a mobile application for the Poizon95 store featuring an online try-on function for clothing and footwear. The paper examines current trends in e-commerce related to the implementation of augmented reality technologies and analyzes existing solutions for virtual fitting.

Keywords: augmented reality, mobile application, online try-on, virtual fitting, e-commerce, AR, computer vision, neural networks, digital retail.

В последние годы цифровые технологии стремительно развиваются, проникая во все сферы жизни человека, в том числе в сферу электронной коммерции. Переход торговли в онлайн-формат стал неотъемлемой частью повседневности, а стремление к удобству, скорости и персонализации со стороны пользователей стимулирует разработчиков к поиску инновационных решений. Одним из таких решений является внедрение в мобильные приложения технологий виртуальной и дополненной реальности, позволяющих реализовать функцию онлайн примерки одежды и обуви. Эта функция особенно актуальна в условиях роста популярности дистанционной покупки одежды и аксессуаров, когда пользователю необходимо убедиться в том, как будет выглядеть или «сидеть» тот или иной товар, прежде чем он совершит покупку.

В связи с этим тема разработки мобильного приложения с функцией онлайн примерки для магазина Poizon95 представляет собой актуальное и перспективное направление. Poizon95 – это популярная платформа для покупки брендовой одежды и обуви, ориентированная на молодежную аудиторию и уличную моду. Несмотря на наличие широкого ассортимента и востребованность среди покупателей, магазин сталкивается с типичной для всей индустрии проблемой: пользователи не всегда могут точно определить, подойдет ли им тот или иной товар. Это вызывает затруднения при выборе, увеличивает количество возвратов и снижает общую удовлетворенность покупкой.

Актуальность разработки заключается в необходимости повышения качества пользовательского опыта в процессе онлайн-шопинга. Покупатели стремятся к максимально реалистичной оценке товара до момента покупки, что требует внедрения технологий, обеспечивающих визуализацию предметов гардероба в режиме реального времени. Технология онлайн примерки позволяет восполнить недостаток физического

контакта с товаром в интернет-магазинах и формирует более высокий уровень доверия к продукту. Кроме того, реализация подобной функции способствует снижению количества возвратов, улучшает имидж бренда и может стать конкурентным преимуществом на рынке.

На данный момент на рынке уже представлены некоторые реализации онлайн примерки от крупных мировых брендов, таких как Nike, Adidas, ASOS и других. Они используют технологии дополненной реальности (AR), машинного обучения и компьютерного зрения для того, чтобы адаптировать визуализацию под особенности фигуры пользователя или форму стопы. Приложения предоставляют возможность примерки обуви и одежды в реальном времени с использованием камеры мобильного устройства. Эти решения служат ориентиром и одновременно исходной точкой для анализа и разработки новых, более эффективных подходов, ориентированных на конкретную аудиторию и особенности платформы [1-3].

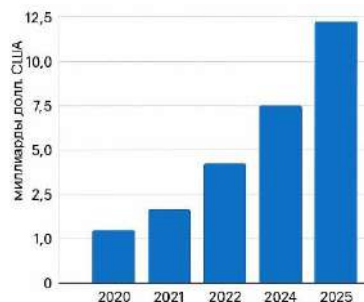


Рисунок 1 – Рост рынка дополненной реальности в e-commerce (2020–2025)

График показывает экспоненциальный рост использования AR-технологий в электронной коммерции. По прогнозам, к 2025 году рынок вырастет более чем в 3 раза по сравнению с 2020 годом (рисунок 1).

Однако многие из существующих приложений обладают рядом недостатков. Во-первых, в некоторых случаях наблюдается низкая точность отображения, что связано с ограничениями используемых технологий. Во-вторых, интерфейсы таких приложений не всегда интуитивно понятны, что снижает вовлеченность пользователя. В-третьих, далеко не все решения обеспечивают стабильную работу на различных устройствах и платформах. Учитывая специфику магазина Poizon95 и его целевую аудиторию, требуется создать приложение, которое будет одновременно функциональным, эстетически привлекательным и технологически устойчивым.



Рисунок 2 – Сравнение технологий онлайн примерки

Диаграмма, сравнивающая три ключевые технологии: AR, компьютерное зрение и нейросети (рисунок 2). Показаны параметры: точность визуализации, реалистичность, производительность, стоимость внедрения.

Научная новизна данного исследования заключается в разработке комплексного мобильного приложения, совмещающего торговую платформу с технологией онлайн примерки, адаптированной под специфику уличной моды и молодежной аудитории. В отличие от большинства существующих решений, проект предполагает индивидуальный подход к визуализации товаров с учетом характеристик конкретного бренда, типа одежды и поведения пользователей. Новизна также заключается в разработке и реализации интеллектуального модуля онлайн примерки, который интегрируется с каталогом магазина и позволяет пользователю в реальном времени «примерить» обувь или одежду с помощью камеры мобильного устройства. При этом в проекте применяются современные методы компьютерного зрения, в том числе распознавание стопы и контуров тела, с возможностью динамической адаптации изображения к движениям пользователя [4-7].

Еще одним элементом научной новизны является предложенная архитектура взаимодействия клиентской и серверной частей приложения, обеспечивающая стабильную работу системы на различных устройствах с разной производительностью, что особенно важно для обеспечения доступности функционала широкой аудитории. Таким образом, в рамках проекта решается не только прикладная, но и исследовательская задача — поиск баланса между точностью визуализации, производительностью и пользовательским удобством.

Проектируемое приложение должно включать в себя несколько ключевых модулей: пользовательский интерфейс, систему управления товарами, модуль онлайн примерки и серверную часть, обеспечивающую хранение данных и взаимодействие с базой товаров. Особое внимание уделяется разработке AR-модуля, который должен обеспечивать корректное отображение одежды и обуви на теле или ногах пользователя в реальном времени. Для этого рассматриваются такие технологии, как ARKit для платформы iOS и ARCore для Android, а также инструменты Unity и WebAR, которые позволяют кроссплатформенную разработку и создание качественной 3D-визуализации.

Кроме технических аспектов, важную роль играет юзабилити – удобство интерфейса и легкость взаимодействия пользователя с системой. Необходимо добиться интуитивного и привлекательного дизайна, который бы соответствовал эстетике бренда Poizon95 и ожиданиям молодежной аудитории.

Также предполагается интеграция с базой данных магазина, что позволит пользователю получать актуальную информацию о товарах, наличии размеров, ценах и специальных предложениях. На этапе тестирования будет организовано участие фокус-групп из числа потенциальных покупателей, чтобы оценить удобство и точность примерки, а также общий пользовательский опыт.

Таким образом, разработка мобильного приложения с онлайн примеркой для магазина Poizon95 – это не просто создание еще одного инструмента для покупок, а комплексный проект, сочетающий в себе передовые технологии, требования бизнеса и потребности пользователей. Данный подход отвечает современным тенденциям развития электронной коммерции и цифровых решений, делает процесс онлайн-покупок более наглядным, персонализированным и приятным [8-10].

Интеграция технологии виртуальной примерки в мобильное приложение может значительно повысить удовлетворенность клиентов, сократить количество возвратов и усилить конкурентные позиции магазина. Кроме того, такой проект обладает высоким потенциалом масштабирования и может быть использован в дальнейшем для других брендов и категорий товаров.

Будущее онлайн-шопинга, безусловно, связано с дальнейшим развитием и внедрением технологий дополненной реальности и машинного зрения. Реализация подобного проекта на примере магазина Poizon95 может стать важным шагом в этом направлении и заложить фундамент для более широкого применения инновационных решений в электронной торговле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азарова Е. Ю., Новикова А. В. Виртуальная и дополненная реальность в электронной коммерции: современные тренды и перспективы // Маркетинг и логистика. – 2022. – №3. – С. 45–51.
2. Гусев А. А., Кузнецов И. П. Использование технологий AR и VR в мобильных приложениях // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – №4(38). – С. 112–118.
3. Milgram, P., Kishino, F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays // IEICE Transactions on Information and Systems. – 1994. – Vol. E77-D, No.12. – P. 1321–1329.
4. Иванова О. В., Сергеев Н. В. Применение нейросетей и машинного обучения для задач компьютерного зрения в мобильных приложениях // Современные технологии в науке и образовании. – 2023. – №2. – С. 83–90.
5. Craig, A. B. Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications. – Morgan Kaufmann, 2013. – 296 p.
6. Хомяков А. С. Разработка интерфейсов мобильных приложений с элементами интерактивности // Инженерный вестник Дона. – 2020. – №4. – URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2020/6915> (дата обращения: 22.04.2025).
7. Zhang, L., Liu, Y., Li, J. et al. AR-based virtual fitting room for online clothing shopping // Multimedia Tools and Applications. – 2021. – Vol. 80. – P. 2543–2565.
8. Unity Technologies. Augmented Reality Development with Unity and AR Foundation. — URL: <https://learn.unity.com> (дата обращения: 22.04.2025).
9. Google Developers. ARCore Overview – URL: <https://developers.google.com/ar> (дата обращения: 22.04.2025).
10. Apple Developer. ARKit Documentation – URL: <https://developer.apple.com/augmented-reality/> (дата обращения: 22.04.2025).

Новомлинская Анастасия Сергеевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: novomlinskayaa@mail.ru

УДК 004.89

Научный руководитель:
Иващук Ольга Александровна,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Н.С. ПУЗЫРЕВ
N. S. PUZYREV

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КЛИНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ МЕДИЦИНСКОГО СНАБЖЕНИЯ DEVELOPMENT OF A CLIENT-SERVER APPLICATION MODEL FOR MEDICAL SUPPLY PLANNING

В статье предложен концептуально-программный подход к созданию клиент-серверного приложения для автоматизации формирования планов медицинского снабжения. Актуальность работы связана с необходимостью оперативного и точного расчёта потребностей медицинских учреждений в условиях динамичных эпидемиологических и ресурсных ограничений. Модель системы основывается на многоуровневой архитектуре с RESTful-протоколами: серверный модуль управляет базой данных и бизнес-логикой, а клиентская часть обеспечивает удобный графический интерфейс для ввода данных и формирования отчётов.

Ключевые слова: Автоматизация планирования, Медицинское снабжение, RESTful-протоколы.

The article proposes a conceptual and software-based approach to developing a client-server application aimed at automating the creation of medical supply plans. The relevance of the work is associated with the necessity of promptly and accurately calculating healthcare institutions' requirements in the context of dynamic epidemiological situations and limited resources. The system model is built upon a multi-tier architecture utilizing RESTful protocols, with a server-side module responsible for database management and business logic, and a client-side component providing a user-friendly graphical interface for data input and report generation.

Keywords: Planning automation, Medical supply, RESTful protocols.

В современных условиях растущей нагрузки на систему здравоохранения и нестабильности эпидемиологической обстановки особенно остро встаёт задача эффективного управления запасами лекарственных средств и медицинских изделий. Традиционные методы планирования снабжения, основанные на ручном сборе информации и статических таблицах, не позволяют оперативно реагировать на внезапные всплески спроса и обеспечивать требуемый уровень готовности лечебных учреждений [1]. В связи с этим разработка автоматизированных инструментов, способных централизованно аккумулировать данные о потребностях и остатках, а также генерировать оптимальные графики поставок, становится одним из приоритетных направлений в области медицинского снабжения. Актуальность данного исследования обусловлена глобальной тенденцией к цифровой трансформации систем здравоохранения, особенно в области цепочек поставок медицинских товаров. Согласно руководству Всемирной организации здравоохранения, внедрение цифровых технологий в процессы снабжения способствует повышению эффективности, прозрачности и устойчивости медицинских поставок, обеспечивая своевременное и качественное обслуживание пациентов [2].

В данной работе представлена модель клиент-серверного приложения, ориентированного на формирование и управление планами медицинского снабжения. Основой решения является многоуровневая архитектура с применением RESTful-протоколов, обеспечивающая гибкое и надёжное взаимодействие между серверной частью, выполняющей обработку запросов и расчёт оптимальных маршрутов поставок, и клиентским интерфейсом для удобного ввода данных и визуализации результатов [3, 4].

Система выстроена по трёхуровневой (трёхслойной) архитектуре «клиент–сервер» с чётким разделением ответственности между уровнями представления, бизнес-логики и хранения данных. На рисунке 1 представлена архитектура системы.

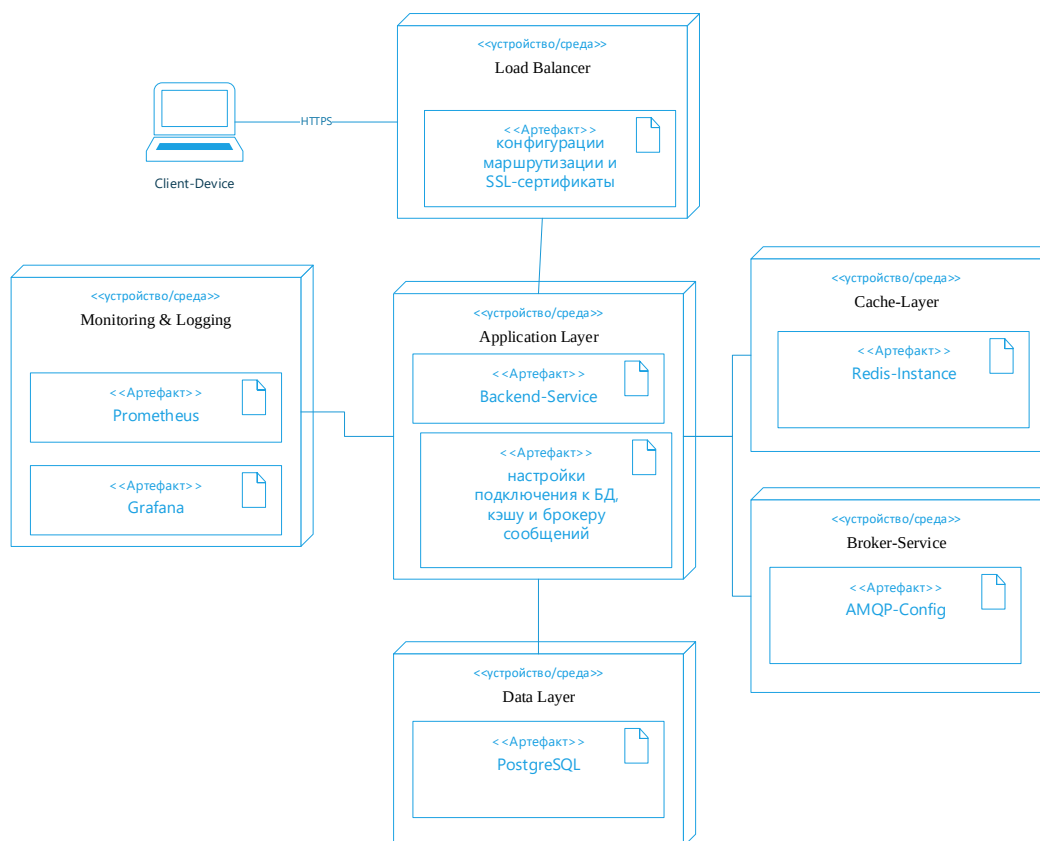


Рисунок 1 – Диаграмма развертывания

1. Уровень представления (Presentation Layer)
 - Клиентское приложение (десктопная или веб-обёртка): реализовано с богатым графическим интерфейсом для ввода исходных данных (заявок и остатков), визуализации планов поставок и построения отчётов.
2. Уровень бизнес-логики (Application Layer)
 - API-сервер: принимает REST-запросы от клиентов, валидирует входные данные, маршрутизирует их в соответствующие модули обработки.
 - Модуль расчёта оптимизации: реализует алгоритм подбора оптимальных партнёров по поставкам и формирует детальные графики, опираясь на текущие остатки, прогнозируемый спрос и договорные условия.
 - Сервис авторизации и аутентификации: проверяет права пользователей, обеспечивает разграничение доступа к данным и функциям системы.
3. Уровень хранения данных (Data Layer)
 - Реляционная СУБД (PostgreSQL/Oracle): хранит справочники (лекарства, изделия, поставщики), данные о заявках и остатках, а также сгенерированные планы снабжения.
 - Кэш-слой (Cache-Layer): используется для ускоренного доступа к часто запрашиваемым справочным данным и результатам тяжёлых расчётов.
 - Очередь сообщений (RabbitMQ/Kafka) – опционально – обеспечивает асинхронную обработку массовых заявок и уведомлений.
4. Инфраструктурные решения и надёжность
 - Серверная часть развертывается в контейнерах Docker (или в Kubernetes-кластере) для обеспечения горизонтального масштабирования и высокой доступности.

- Балансировщик нагрузки (Load Balancer) распределяет запросы между экземплярами API-сервера.

- Мониторинг (Monitoring & Logging) и логирование (ELK-стек) позволяют отслеживать производительность (задержки, пропускную способность до 10 000 запросов/сутки с <200 мс ответа) и быстро реагировать на сбои.

5. Моделирование и документирование

- Любые изменения и доработки сопровождаются UML-диаграммами (Use Case, Class, Sequence), что упрощает поддержку и интеграцию с внешними аналитическими сервисами и модулями машинного обучения в будущем.

Взаимодействие с сервером организовано по RESTful-протоколу HTTPS с обменом JSON-сообщений. Серверная часть отвечает за приём и валидацию запросов, разграничение доступа посредством модуля аутентификации и авторизации, а также за расчёт оптимальных маршрутов поставок: специальный модуль бизнес-логики обрабатывает текущие запасы, прогнозируемый спрос и договорные условия, генерируя детальные графики доставки. Для надёжного хранения справочников (лекарства, медицинские изделия и поставщики), исторических данных по заявкам и результатов планирования используется реляционная СУБД (PostgreSQL или Oracle), а кэш-слой на основе Redis позволяет существенно ускорить повторяющиеся запросы; при высоких нагрузках предусмотрена асинхронная обработка через брокера сообщений (RabbitMQ или Kafka). Инфраструктура сервера развёрнута в контейнерах Docker (или в Kubernetes-кластере) и управляется балансировщиком нагрузки NGINX/HAProxy, что обеспечивает горизонтальное масштабирование и отказоустойчивость, а система мониторинга на основе Prometheus+Grafana и централизованное логирование (ELK-стек) позволяют контролировать производительность и оперативно реагировать на инциденты. Документирование архитектуры проводится с помощью UML-диаграмм (Use Case, Class, Sequence), что упрощает поддержку, дальнейшую интеграцию с внешними аналитическими сервисами и внедрение алгоритмов прогнозирования на основе машинного обучения.

В результате проделанной работы была разработана модель клиент-серверного приложения, направленного на автоматизацию процесса формирования планов медицинского снабжения. Предложенное решение позволяет оперативно решать данную задачу. Использование многоуровневой архитектуры с RESTful-протоколами, а также современных инфраструктурных технологий (контейнеризация, балансировка нагрузки и мониторинг) гарантирует высокую производительность, надёжность и масштабируемость системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ali I., Kannan D. Mapping research on healthcare operations and supply chain management: a topic modelling-based literature review // Annals of Operations Research. – 2022. – Т. 315. – №. 1. – С. 29-55.

2. World Health Organization. Digital transformation handbook for health supply chain architecture [Электронный ресурс] / World Health Organization. – Geneva: WHO, 2024. – Режим доступа: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/379506/9789240101197-eng.pdf> (дата обращения: 10.04.2025).

3. Ehsan A. et al. RESTful API testing methodologies: Rationale, challenges, and solution directions // Applied Sciences. – 2022. – Т. 12. – №. 9. – С. 4369.

4. Martin-Lopez A., Segura S., Ruiz-Cortés A. Online testing of RESTful APIs: Promises and challenges // Proceedings of the 30th ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering. – 2022. – С. 408-420.

Пузырев Никита Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: Puzyrev@bsuedu.ru

УДК 004

Научный руководитель:
Безуглая Анна Евгеньевна,
доцент кафедры информационных систем,
«СевГУ» (Севастополь, Россия)

А.В. РОМАНОВ, В.К. БОНДАРЕВСКИЙ
A.V. ROMANOV, V.K. BONDAREVSKIY

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ AR

RESEARCH ON DESIGN APPROACHES FOR MOBILE APPLICATIONS USING AR TECHNOLOGIES

В данной статье рассматриваются современные подходы к проектированию мобильных приложений с применением технологий дополненной реальности (AR). Представлен сравнительный анализ SDK и фреймворков, используемых при разработке AR-интерфейсов для мобильных платформ, а также проведена систематизация проектных решений, применимых в контексте мобильных AR-приложений, и оценены перспективы интеграции AR-компонентов в традиционные приложения.

Ключевые слова: AR, дополненная реальность, мобильные приложения, дизайн интерфейсов, ARKit, ARCore, Vuforia, Unity3D, UX-дизайн, интерактивные технологии.

This article discusses modern approaches to designing mobile applications using augmented reality (AR) technologies. A comparative analysis of the SDK and frameworks used in the development of AR interfaces for mobile platforms is presented, as well as a systematization of design solutions applicable in the context of mobile AR applications, and the prospects for integrating AR components into traditional mobile applications are assessed.

Keywords: AR, augmented reality, mobile applications, interface design, ARKit, ARCore, Vuforia, Unity3D, UX design, interactive technologies

Технологии дополненной реальности (AR), позволяющие объединять цифровой контент с изображением реального мира, в последние годы прочно вошли в арсенал инструментов мобильной разработки, охватывая алгоритмы пространственного трекинга, методы рендеринга и подходы к интерактивному UX. Их применение на мобильных устройствах существенно расширяет возможности для создания иммерсивных решений в развлечениях, образовании, промышленности, розничной торговле и здравоохранении. Распространённость AR-приложений растёт благодаря интеграции ARKit от Apple и ARCore от Google, что упрощает внедрение сложных сценариев наложения виртуальных объектов в привычные мобильные интерфейсы без необходимости создания отдельных нативных версий под каждую платформу [1, 2]. Вместе с тем проектирование таких решений предъявляет повышенные требования к архитектуре и дизайну: необходимо учитывать особенности работы с камерами и сенсорами движения, адаптивное размещение виртуальных элементов при изменении условий освещения, а также ограниченные ресурсы процессора и аккумулятора. Цель данной работы – провести глубокий анализ существующих методологических и технических подходов к проектированию мобильных AR-приложений, выявить их достоинства и недостатки, а также сформулировать практические рекомендации и направления для дальнейшего развития AR-UX.

Основу мобильной AR-разработки составляют SDK ведущих производителей: ARKit от Apple и ARCore от Google, реализующие как маркерный трекинг, так и безметочный SLAM с привлечением камер и инерциальных датчиков. Помимо нативных решений, востребованы кроссплатформенные инструменты: Vuforia, предлагающая расширенные возможности распознавания образов и облачного трекинга; ARFoundation для Unity3D, обеспечивающая единый API для работы с ARKit и ARCore и дающая доступ к

визуальному редактору сцены; Wikitude, интегрируемая через JavaScript и обладающая поддержкой геопривязки виртуальных объектов. Vuforia характеризуется обширным набором модулей для распознавания 3D-меток и управления их поведением, но требует лицензирования и имеет более высокую кривую обучения. Unity3D с ARFoundation упрощают разработку за счёт готовых компонентов для анимации, физики и взаимодействия, однако увеличивают размер конечного приложения и время его инициализации. WebAR-решения (8th Wall, ZapWorks) позволяют доставлять контент через браузер без установки, что обеспечивает мгновенное обновление и кроссплатформенность, но уступают по качеству трекинга и графической точности нативным SDK [3-5].

При проектировании AR-интерфейсов выделяются три основных подхода: непосредственная работа с нативными SDK, создание сцен в игровых движках и гибридный WebAR внутри нативного контейнера. Нативные SDK обеспечивают максимальный контроль над производительностью и трекингом, однако требуют глубокой доработки каждой сцены и усложняют поддержку кода. Игровые движки ускоряют прототипирование и унифицируют логику интерфейса, но влекут за собой избыточные зависимости и порой значимые потери в времени запуска. Web AR-гибрид даёт гибкость в распространении контента и мгновенные обновления, но сталкивается с ограниченной поддержкой сложных 3D-эффектов и чувствителен к качеству интернет-соединения. При этом устройства с LiDAR-сканерами (модели iPad Pro, iPhone 12 Pro и выше) открывают дополнительные возможности высокоточного картографирования поверхности [6, 7].

Для оценки применимости каждого подхода был разработан прототип интерактивного гида по виртуальному музею экспонатов с тремя версиями: ARKit с SceneKit, Unity3D с ARFoundation и WebAR (8th Wall в нативном контейнере). На этапах тестирования испытуемые использовали iPhone 14 Pro, Android-смартфон с версией ОС 12 и браузерную версию в Safari. Критериями оценки стали скорость обнаружения поверхностей, время загрузки трёхмерных моделей, стабильность трекинга при движении и в разных условиях освещения, а также субъективное удобство управления жестами и отзывчивость интерфейса. В результате ARKit обеспечил наилучшую точность позиционирования и минимальную задержку отклика, Unity3D представил наиболее эффектную графику при умеренных потерях в производительности, а WebAR продемонстрировал быстроту обновления контента без установки, но уступил в надёжности трекинга сложных объектов и в плавности визуализации.

Исследование базировалось на комбинировании методов систематического обзора профессиональной литературы, экспертных интервью и пользовательских испытаний. Систематический обзор включал анализ публикаций по SDK и UX-паттернам AR-приложений, экспертная оценка проводилась с участием разработчиков и дизайнеров, что позволило выявить ключевые проблемы интеграции AR в agile-процессы и требования к сессиям юзабилити-тестирования, а пользовательское тестирование сочетало сценарные и открытые задачи для сбора количественных и качественных метрик взаимодействия.

Для повышения производительности и улучшения UX мобильных AR-приложений рекомендуется использовать многоуровневую детализацию 3D-моделей, динамическое подгружение контента по мере удаления виртуальных элементов, а также offloading тяжёлых вычислений на edge-серверы. В интерфейсах следует внедрять предварительную индикацию состояния трекинга и подсказки при смене условий освещения, минималистичные индикаторы загрузки и визуальные ориентиры, показывающие доступные зоны размещения объектов. Глубокая интеграция AR-компонентов с UI-фреймворками позволяет гармонично сочетать традиционные экраны и иммерсивные сцены, а единый стиль оформления снижает когнитивную нагрузку пользователя.

При работе с камерой и геоданными необходимо соблюдать международные и локальные регламенты по защите персональных данных, включая GDPR. Приложения должны запрашивать информированное согласие пользователя на съёмку и обработку изображений, обеспечивать локальное шифрование и анонимизацию данных, а при

передаче на облачные сервисы – использование защищённых каналов и минимизацию объёма передаваемых сведений. Также критически важно учитывать этические и социальные последствия внедрения технологий в повседневную жизнь. Во-первых, работу с личными данными пользователей и сторонних лиц следует выстраивать на принципах минимизации сбора информации: AR-приложения не должны захватывать и хранить кадры окружающей среды дольше, чем это необходимо для работы конкретной функции, а все визуальные данные должны проходить локальную анонимизацию до передачи в облако. Во-вторых, виртуальные элементы, накладываемые на реальный мир, не должны вводить пользователя в заблуждение и искажать восприятие окружающей среды – особенно в приложениях для навигации и промышленного применения, где неправильная визуализация может привести к травмам или материальному ущербу. В-третьих, важно уделять внимание доступности AR-интерфейсов для людей с ограниченными возможностями: предусматривать альтернативные формы взаимодействия (голосовые команды, упрощённый режим отображения, тактильную обратную связь), адаптироваться к разным условиям освещения и избегать эффектов, способных вызвать утомление или тошноту. Наконец, расширение AR-систем должно сопровождаться просветительскими инициативами и открытыми стандартами, которые помогают пользователям понимать, как и зачем их данные обрабатываются, а разработчикам – создавать этически ответственные и социально полезные решения.

Среди ключевых технических препятствий развития мобильной AR можно выделить высокий расход аккумулятора при длительных сеансах, который обусловлен постоянной работой камеры, датчиков движения и графического процессора, что в свою очередь приводит к перегреву устройств и может вызывать троттлинг производительности. Помимо этого, устойчивость трекинга значительно снижается в условиях низкой или неравномерной освещённости, при появлении резких контрастов и динамических сценах с быстрым перемещением камеры, поскольку алгоритмы SLAM и feature-tracking испытывают трудности с распознаванием и сопоставлением ключевых точек окружающей среды. Ещё одним серьёзным ограничением является фрагментация аппаратных возможностей смартфонов: наличие или отсутствие LiDAR-сканера, разные параметры камер (диафрагма, угол обзора), вариативность по тактовой частоте CPU/GPU и объёму памяти приводит к необходимости поддерживать сразу несколько настроек качества рендеринга и трекинга. Это увеличивает время и сложность разработки, так как тестирование должно охватывать широкий диапазон устройств и версий ОС. Постоянное обновление SDK и фреймворков (ARKit, ARCore, Unity ARFoundation и др.) становится ещё одной точкой трения, поскольку новые версии могут менять API, вводить несовместимые изменения и требовать переработки ключевых компонентов приложения. В результате команды вынуждены жертвовать внедрением новых функций ради стабильности продукта или рисковать появлением багов на устройствах пользователей. Наконец, важным вызовом остаются вопросы комфорта пользователя: длительное удержание устройства перед глазами вызывает быструю утомляемость рук и синдром «технологической тошноты» из-за рассогласования визуального и вестибулярного восприятия; отсутствие единых UX-гайдлайнов по контролю глубины и масштабов виртуальных объектов нередко приводит к зрительному дискомфорту и резким переходам в визуализации. Всё это требует дополнительных исследований в области эргономики AR-интерфейсов, разработку рекомендаций по продолжительности сеансов и продуманному дизайну визуальных эффектов.

Дальнейшее развитие мобильной AR связано с развитием сетей пятого поколения (5G) и edge-компьютинга для стриминга сложных сцен, интеграцией искусственного интеллекта для автоматической генерации 3D-моделей по тексту и адаптации виртуальных объектов к реальным условиям, а также формированием единых UX-гайдлайнов и стандартов взаимодействия в AR-среде. Расширение поддержки LiDAR и многокамерных систем на уровне SDK откроет новые сценарии высокоточного картографирования и коллаборативных AR-сессий.

В последние годы коммерческое внедрение мобильных AR-приложений получило широкое развитие в ритейле, образовании, медицине и промышленности, что обусловлено их потенциалом существенно повышать вовлечённость пользователей и оптимизировать операционные процессы. В ритейле AR-модули используют для виртуального «примера» продуктов: оформление интерьера, примерка одежды и аксессуаров через камеру смартфона, что снижает количество возвратов и увеличивает средний чек; в образовании AR-контент позволяет визуализировать сложные объекты и процессы (анатомию человека, исторические реконструкции, преподавание языков) прямо в аудитории или дома, что улучшает усвоение материала и мотивацию учащихся; в медицине AR-решения применяются для навигации по клинике, вспомогательных инструкций во время операций и моделирования анатомии пациента, что способствует снижению рисков и повышению точности процедур; в промышленности AR-гиды позволяют визуализировать сборочные инструкции и техобслуживание оборудования в реальном времени, сокращая время обучения сотрудников и количество ошибок. Бизнес-модели коммерческих AR-проектов включают продажу лицензий на SDK и дополняемые подписки на обновления контента, монетизацию через встроенные покупки виртуальных объектов и платные рекламные кампании с брендингом внутри AR-сцен, а также SaaS-формат с облачным хостингом 3D-ресурсов и аналитикой использования.

Интеграция дополненной реальности в мобильные приложения открывает обширные возможности для создания интерактивных пользовательских сценариев и повышения эффективности бизнес-процессов. Комплексный анализ показал, что выбор подхода – от глубокого погружения в работу с нативными SDK до быстрого прототипирования на игровых движках и WebAR-гибридов – определяется целями проекта, ресурсами команды и требованиями к пользовательскому опыту. Особое внимание следует уделять оптимизации производительности, безопасности данных и удобству взаимодействия, что достигается многоуровневой детализацией 3D-моделей, информативными HUD-элементами и строгим соблюдением регламентов приватности. В перспективе развитие 5G и edge-вычислений, интеграция AI-инструментов для автоматической генерации и адаптации AR-контента, а также формирование единых UX-гайдлайнов создадут условия для массового распространения высококачественных мобильных AR-приложений и их устойчивой коммерциализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. APPLE INC. ARKit Developer Documentation [Электронный ресурс] // Apple Developer. – Режим доступа: <https://developer.apple.com/arkit/> (дата обращения: 10.04.2025).
2. GOOGLE LLC. ARCore Developer Guide [Электронный ресурс] // Google Developers. – Режим доступа: <https://developers.google.com/ar> (дата обращения: 11.04.2025).
3. PTC INC. Vuforia Engine Documentation [Электронный ресурс] // PTC Library. – Режим доступа: <https://library.vuforia.com> (дата обращения: 12.04.2025).
4. UNITY TECHNOLOGIES. ARFoundation Manual [Электронный ресурс] // Unity Documentation. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation> (дата обращения: 13.04.2025).
5. 8TH WALL, INC. WebAR Developer Docs [Электронный ресурс] // 8th Wall. – Режим доступа: <https://www.8thwall.com/docs> (дата обращения: 14.04.2025).
6. BILLINGHURST M., CLARK A., LEE G. A Survey of Augmented Reality // Foundations and Trends in Human–Computer Interaction. – 2015. – Vol. 8, No. 2–3. – P. 73–272.
7. MANN S. Wearable AR: Web vs Native Experiences // Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. – 2023.

Романов Анатолий Вадимович

Севастопольский государственный университет (г. Севастополь, Россия)

Студент кафедры информационных систем

E-mail: feelsbadsakura@gmail.com

Бондаревский Валерий Константинович

Севастопольский государственный университет (г. Севастополь, Россия)

Студент кафедры информационных систем

E-mail: vkb7662@gmail.com

УДК 004.7

Научный руководитель:
Худасова Ольга Геннадьевна,
старший преподаватель кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

И.С. РЯДИНСКИЙ, Е.В. ЧУРНОСОВ, И.Г. ВЫРОДОВА
I.S. RYADINSKIY, E.V. CHURNOSOV, I.G. VYRODOVA

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАГАЗИНА ПО ПРОДАЖЕ НАСТОЛЬНЫХ ИГР DESIGNING AN INFORMATION SYSTEM FOR A BOARD GAME STORE

В статье рассматриваются актуальные аспекты разработки информационной системы для магазина настольных игр, начиная с формулировки целей и требований. Представлены функциональные модели и диаграммы IDEF0, отображающие текущее состояние системы и планируемые изменения. Особое внимание уделено процессу сбора и обработки информации о товарах, покупателях и поставщиках, описан механизм ввода данных и построение соответствующих схем. Результатом проведенного исследования является разработка архитектурного проекта, включающего новую версию функциональной модели и четко определяющую цели дальнейшей автоматизации. Предложенное решение направлено на снижение рутинных операций и повышение производительности торгового предприятия, позволяя эффективнее анализировать рыночные тенденции и развивать стратегию продаж.

Ключевые слова: проектирование, магазин настольных игр, автоматизация.

The article discusses the current aspects of developing an information system for a board game store, starting with the formulation of goals and requirements. Functional models and diagrams of IDEF0 are presented, showing the current state of the system and planned changes. Special attention is paid to the process of collecting and processing information about goods, buyers and suppliers, the data entry mechanism and the construction of appropriate schemes are described. The result of the research is the development of an architectural project that includes a new version of the functional model and clearly defines the goals of further automation. The proposed solution is aimed at reducing routine operations and increasing the productivity of a trading company, allowing for more effective analysis of market trends and development of a sales strategy.

Keywords: design, board game store, automation.

Современные технологии и информационные системы развиваются стремительными темпами, что позволяет автоматизировать и совершенствовать процессы в различных сферах бизнеса, включая розничную торговлю. Одним из таких направлений является розничная торговля настольными играми, которая активно набирает популярность и нуждается в эффективных инструментах для управления ассортиментом и обслуживанием клиентов. В условиях увеличения объемов информации, необходимой для учета товаров и анализа покупательского поведения, становится важным использование специализированных информационных систем, способных оптимизировать основной бизнес-процессы и повысить производительность работы.

Актуальность разработки информационной системы для магазина настольных игр продиктована необходимостью в удобном и эффективном управлении складским учетом заказами и взаимодействием с клиентами. Такая система позволит не только упростить внутренние операции, но и повысить качество обслуживания клиентов, что является важным преимуществом в условиях конкурентного рынка [1].

На этапе проектирования информационной системы для магазина по продаже настольных игр первоочередной задачей стало формирование технического задания, в рамках которого была определена цель разработки, обоснована необходимость внедрения автоматизации и зафиксированы основные требования к создаваемому программному продукту [2]. Магазин настольных игр, функционирующий на основе ручной обработки информации, сталкивается с трудностями в управлении ассортиментом, отслеживании

заказов, учёте клиентов и проведении аналитики по продажам. Это снижает оперативность и точность принимаемых решений. В связи с этим стало актуальным создание автоматизированной информационной системы, способной обеспечить упрощение бизнес-процессов и повысить эффективность работы магазина.

Формирование архитектуры будущей системы началось с построения функциональной модели, в частности с создания контекстной диаграммы в нотации IDEF0. Она отразила взаимодействие внешних участников с основной системой, позволив выделить ключевые входы, выходы, управляющие и механизмирующие воздействия. Контекстная диаграмма охватывает общее представление о процессе управления заказами, товарами, клиентами, поставщиками и отзывами, демонстрируя связь между администрацией магазина, системой и внешними информационными потоками. Построена контекстная диаграмма IDEF0, отражающая текущее состояние системы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма IDEF0

В процессе дальнейшего уточнения структуры бизнес-процессов и их декомпозиции была разработана диаграмма уровня A0 в той же нотации. На данном уровне представлена декомпозиция управления основными сущностями: пользователями, играми, заказами, поставками и отчетностью. Каждая из функций описана через более конкретные действия, обеспечивающие полноту отражения бизнес-логики. Также зафиксированы потоки информации, циркулирующие между функциональными блоками, уточнены связи с внешними и внутренними объектами управления. Сделана диаграмма декомпозиции A0 в нотации IDEF0 (рисунок 2).

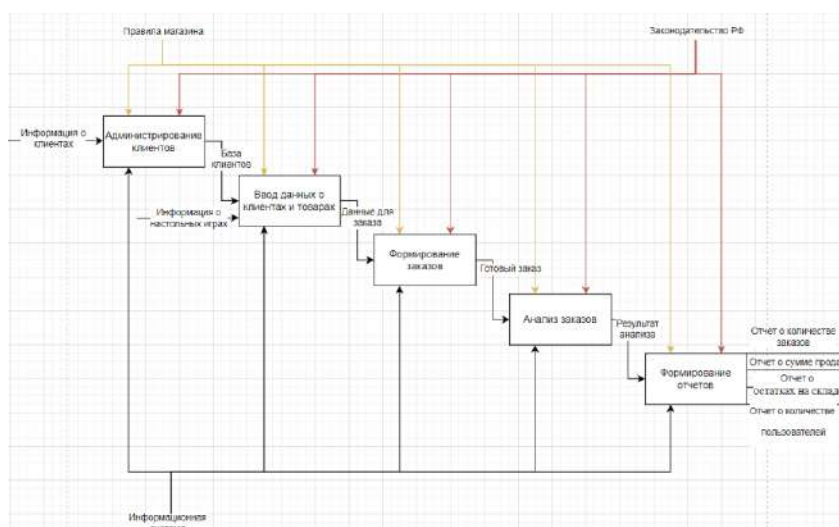


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции IDEF0

С целью отражения целевого состояния процессов в будущем, была разработана контекстная диаграмма IDEF0 «Как будет», демонстрирующая модернизированную структуру информационных потоков и функций в автоматизированной системе. В отличие от текущей модели, в данной диаграмме акцент смещён на использование внутренней аналитики, расширение функционала и интеграцию с внешними платформами. Сделана контекстная диаграмма IDEF0 «Как будет» (рисунок 3).



Рисунок 3 – Контекстная диаграмма IDEF0 (состояние «Как будет»)

Для достижения максимальной детализации и планирования внедрения автоматизации, дополнительно была разработана диаграмма декомпозиции уровня A0 в будущем состоянии. В данной модели выделены новые функции, отсутствующие в текущем процессе: автоматическая генерация отчётов, расширенная работа с отзывами, контроль поставок в режиме реального времени, а также более глубокая интеграция с ролью администратора. диаграмма декомпозиции «Как будет» позволила сформировать целевую архитектуру бизнес-процессов, реализуемую в рамках проекта. Построена диаграмма декомпозиции A0 «Как будет» (рисунок 4).

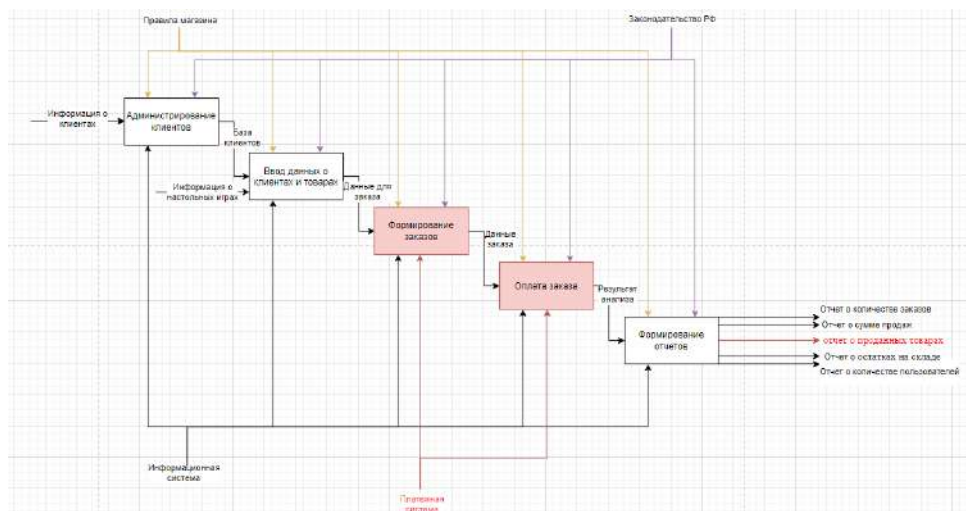


Рисунок 4 – Диаграмма декомпозиции IDEF0

Диаграмма представляет собой последовательность действий, связанных с вводом данных в систему. Она начинается с запуска процедуры ввода, после чего происходит авторизация пользователя, что является обязательным шагом для получения доступа к функционалу. После успешного ввода данных система подтверждает сохранение и обновление записей в базе данных (рисунок 5).



Рисунок 5 – Диаграмма декомпозиции IDEF0

Интерфейс клиентской части системы разработан с учётом удобства и простоты использования сотрудниками магазина. Через интуитивные окна пользователи могут быстро просматривать отзывы, создавать отчёты и управлять заказами. За счёт применения технологии WPF интерфейс приобрёл стильный дизайн и высокую эргономичность, облегчающую повседневную работу. Дополнительно введена многоуровневая система авторизации, ограничивающая доступ к данным и операциям в зависимости от должности сотрудника. Это повышает защищённость информации и предотвращает возможные злоупотребления полномочиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илюшечкин, В. М. Основы использования и проектирования баз данных : учебник для вузов / В. М. Илюшечкин. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 213 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03617-6. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/535450> (дата обращения: 23.03.2025)

2. Черпаков, И. В. Основы программирования : учебник и практикум для вузов / И. В. Черпаков. – 2-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 196 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-18759-5. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/545506> (дата обращения: 24.04.2025)

Рядинский Иван Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент инженерингового колледжа НИУ «БелГУ», кафедры ЦМК Информационных систем и программного обеспечения
Email: 1549430@bsuedu.ru

Чурносков Егор Владимирович

Муниципальное общеобразовательное учреждение «Тавровская средняя общеобразовательная школа «Формула Успеха» Белгородского района Белгородской области (г. Белгород, Россия)
Ученик 11 «И» класса
Email: egorka2000@yandex.ru

Выродова Инна Геннадьевна

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 7» (г. Белгород, Россия)
Заместитель директора, учитель математики
Email: vyrodovalv@mail.ru

УДК 519.24

Научный руководитель:
Гахова Нина Николаевна,
доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Д. А. САЗОНОВ
D. A. SAZONOV

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА ПОД ВЛИЯНИЕМ РИСКОВ

COMBINED METHOD FOR FORECASTING PROJECT OUTCOMES UNDER RISK INFLUENCE

В статье рассматривается комбинированный подход к оценке успешности проекта, основанный на интеграции методов Монте-Карло и байесовского анализа. Предложенная методология позволяет учитывать как исходные неопределённости, так и обновление данных по мере поступления фактической информации, что обеспечивает более гибкое и точное прогнозирование хода проекта. Представлены математические формулы для расчёта ожидаемого риска, доверительного интервала и метрик успешности проекта, включая Project Success Index (PSI). Подчёркивается значимость динамического пересчёта вероятностей и влияние новых данных на корректировку стратегии управления проектом.

Ключевые слова: управление проектами, Монте-Карло, байесовский анализ, моделирование рисков, оценка успешности, индекс PSI, доверительный интервал, бета-распределение, адаптивное планирование, вероятностная модель.

The article discusses a combined approach to assessing the success of a project based on the integration of Monte Carlo and Bayesian analysis methods. The proposed methodology allows taking into account both initial uncertainties and data updates as actual information becomes available, which ensures more flexible and accurate forecasting of the project progress. Mathematical formulas for calculating the expected risk, confidence interval, and project success metrics, including the Project Success Index (PSI), are presented. The importance of dynamic recalculation of probabilities and the impact of new data on adjusting the project management strategy are emphasized.

Keywords: project management, Monte Carlo, Bayesian analysis, risk modeling, success assessment, PSI, confidence interval, beta distribution, adaptive planning, probabilistic model.

В условиях высокой неопределённости и сложности современных проектов ключевой задачей управления становится своевременное прогнозирование сроков их выполнения. Ошибки в оценке продолжительности задач, неучтённые риски и субъективность в анализе могут приводить к существенным отклонениям от планового графика. Традиционные методы сетевого планирования и критического пути не всегда позволяют учесть вариативность и случайность факторов, влияющих на проект [1-3].

Основными проблемами прогнозирования являются: недостаточная адаптация модели к изменениям в ходе выполнения проекта, невозможность учёта динамики рисков, а также неспособность точно оценить вероятность успешного завершения проекта в заданный срок.

Решение этих проблем требует внедрения методов, способных учитывать вероятностный характер процессов. Комбинация Монте-Карло моделирования и байесовского обновления вероятностей предлагает мощный инструмент для оценки успешности проекта с учётом неопределённостей и новых данных [4-6].

Предлагаемый комбинированный метод основывается на симбиозе двух статистических инструментов: метода Монте-Карло и байесовского вывода. Алгоритм включает последовательное выполнение итерационных симуляций для оценки возможных сценариев длительности проекта, а также коррекцию априорных предположений на основе фактических данных.

Комбинированный подход к моделированию и оценке успешности проекта включает использование как метода Монте-Карло для оценки неопределённости, так и байесовского анализа для динамического обновления вероятностей на основе поступающих данных. Этот подход позволяет не только учитывать начальные риски, но и адаптироваться к изменениям в ходе выполнения проекта [7-10]. Алгоритм комбинированного метода представлен на рисунке 1.

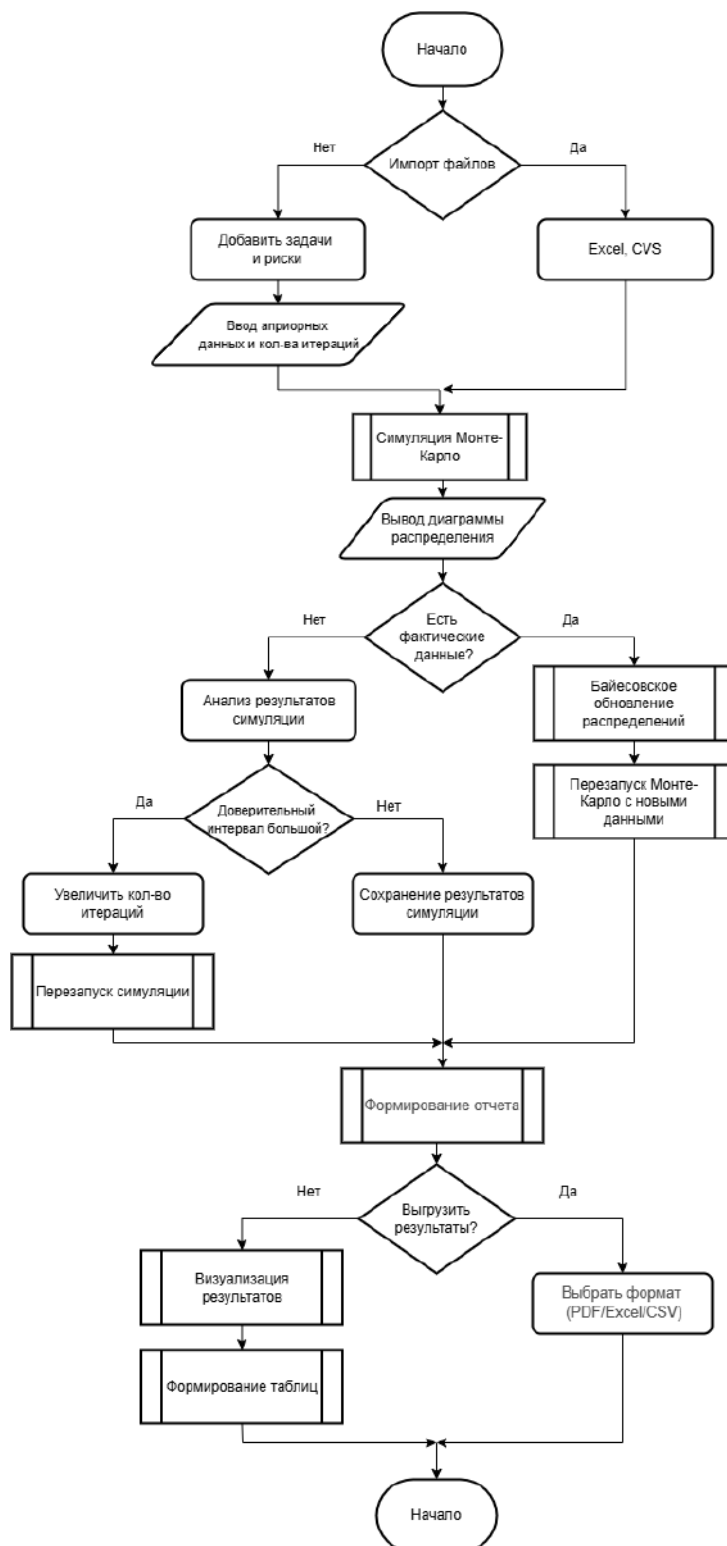


Рисунок 1 – Алгоритм комбинированного метода прогнозирования

Схема работы комбинированного метода включает три основных этапа:

1. Первичная оценка рисков через моделирование Монте-Карло.

На этом этапе проводится моделирование тысяч возможных сценариев развития проекта, что позволяет определить базовый уровень неопределённости, выявить потенциальные отклонения по срокам и бюджету, и заложить основы для статистической оценки успешности.

2. Байесовское обновление вероятностей по мере поступления новых данных.

В процессе реализации проекта появляются новые фактические данные, например, результаты тестирования, отчёты о выполнении задач, отклонения от планов. Эти данные вводятся в модель в виде апостериорной информации. Байесовский анализ позволяет пересчитать вероятности исходов проекта, учитывая новую информацию, и уточнить оценку успешности.

3. Повторное моделирование методом Монте-Карло.

После обновления вероятностной картины на основе байесовского подхода проводится повторная симуляция с использованием тех же принципов Монте-Карло, но уже на новых данных. Это позволяет получить более актуальный и реалистичный прогноз завершения проекта.

Метод Монте-Карло представляет собой моделирование множества реализаций проекта с учетом случайных колебаний параметров задач и рисков. Для каждой задачи учитываются оценки длительности (оптимистичная, наиболее вероятная и пессимистичная), а также возможные риски с вероятностями и влиянием. Базовым инструментом количественной оценки риска выступает ожидаемое значение (Expected Value, EV), которое позволяет оценить средний возможный ущерб при различных сценариях.

Дискретные риски с несколькими возможными сценариями вычисляются как:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i * C_i \quad (1)$$

где R – общее ожидаемое значение риска, P_i – вероятность i -го сценария, C_i – стоимость или ущерб при наступлении i -го сценария, n – количество возможных сценариев.

В случае использования треугольного распределения:

$$T_i \sim \text{Triangular}(a_i, m_i, b_i) \quad (2)$$

В случае использования нормального распределения:

$$T_i \sim N(m_i, \sigma_i^2) \quad (3)$$

Суммарная длительность сценария:

$$T_{total}^{(k)} = \sum_{i=1}^N T_i^{(k)} \quad (4)$$

Сценарии моделируются K раз для получения распределения возможных длительностей проекта.

Для адаптации модели к фактическим данным используется байесовский вывод. Вероятность завершения задачи в срок представляется случайной величиной θ , распределённой по бета-распределению:

$$\theta \sim \text{Beta}(\alpha, \beta) \quad (5)$$

Обновление параметров при появлении новых данных:

$$\alpha_{\text{new}} = \alpha + k, \quad \beta_{\text{new}} = \beta + n - k \quad (6)$$

где k – количество успешных задач, n – общее число задач.

Формула Байеса для апостериорного распределения:

$$P(\theta|D) = \frac{P(D|\theta) * P(\theta)}{P(D)} \quad (7)$$

Комбинированный подход позволяет не только оценить диапазон возможных длительностей проекта, но и скорректировать вероятности завершения на основе реальных данных. Это даёт динамическое и адаптивное средство прогнозирования.

Результатом моделирования являются:

Средняя длительность проекта:

$$\bar{T} = \frac{1}{k} \sum_k T_{\text{total}}^{(k)} \quad (8)$$

Вероятность завершения в срок:

$$P = \frac{T^k \leq T_{\text{plan}}}{k} \quad (9)$$

Доверительный интервал (например, 95%):

$$CI = [T_{2.5\%}, T_{97.5\%}] \quad (10)$$

Оценка успешности проекта не может быть сведена лишь к соблюдению сроков или бюджета. Современные подходы требуют учёта целого ряда факторов, включая качество исполнения и уровень удовлетворённости заинтересованных сторон. Одной из таких интегральных метрик является **Индекс успешности проекта (Project Success Index, PSI)**.

Для количественной оценки используется следующая формула:

$$PSI = w_1 * \frac{\text{План. срок}}{\text{Факт. срок}} + w_2 * \frac{\text{План. бюджет}}{\text{Факт. бюджет}} + w_3 * R + w_4 * F \quad (11)$$

где w_1, w_2, w_3, w_4 – весовые коэффициенты, отражающие значимость каждого критерия; R (качество) – степень соответствия техническому заданию, измеряется в диапазоне от 0 до 1;

F (удовлетворённость) – субъективная оценка заинтересованных сторон, также в диапазоне от 0 до 1.

Методы Монте-Карло и байесовский анализ, объединённые в единую модель прогнозирования, позволяют создать более устойчивую и адаптивную систему управления проектами. Благодаря этому возможно не только улучшить точность планирования, но и эффективно реагировать на изменения, минимизируя риски и оптимизируя ресурсы. В условиях неопределённости именно вероятностный подход обеспечивает гибкость и надёжность решений в управлении проектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельман А., Карлин Дж., Стерн Х. и др. Байесовский анализ данных [Текст]. – 3-е изд. – М.: Диалектика, 2020. – 675 с.
2. Роберт К., Касселла Дж. Методы Монте-Карло в статистическом анализе [Текст]. – М.: Бином, 2018. – 512 с.
3. Макеев П.Ю. Байесовские методы в прогнозировании финансовых рынков [Текст] // Экономика и математические методы. – 2021. – Т. 57, № 3. – С. 45–62.
4. Хофф П. Байесовский анализ: современные методы [Текст]. – СПб.: Питер, 2019. – 400 с.
5. Корсунский А.Р., Маркова Е.В. Применение МСМС-методов в клинических исследованиях [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 2. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28765> (дата обращения: 10.05.2024).
6. Gelman A., Carlin J.B., Stern H.S. et al. Bayesian Data Analysis [Text]. – 3rd ed. – Chapman & Hall/CRC, 2013. – 675 p.
7. Brooks S., Gelman A., Jones G.L. et al. Handbook of Markov Chain Monte Carlo [Text]. – CRC Press, 2011. – 592 p.
8. Методические рекомендации по применению байесовских методов в климатологии [Текст] / Под ред. Смирнова А.А. – М.: Росгидромет, 2020. – 120 с.
9. Neal R.M. Bayesian Learning for Neural Networks [Text]. – Springer, 2012. – 210 p.
10. Крюков В.Г., Петрова Л.Н. Имитационное моделирование в экономике: байесовский подход [Текст] // Прикладная эконометрика. – 2023. – Т. 69. – С. 88–105.

Сазонов Даниил Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1390087@bsu.edu.ru

УДК 004.657

*Научный руководитель:
Гончаров Дмитрий Викторович,
старший преподаватель кафедры
информационных и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

М.Н. САПУНОВ
M.N. SAPUNOV

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ УЧЕТА ВЕБ-СТУДИИ

ANALYSIS OF MODERN AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS FOR ACCOUNTING A WEB-STUDIO

Исследование посвящено анализу современных автоматизированных информационных систем для ведения учета веб-студии. В работе рассмотрены ключевые решения, представленные на рынке, с оценкой их функциональных возможностей, преимуществ и недостатков. Особое внимание уделено обобщению таких систем и выявлению их характерных особенностей применительно к сфере веб-разработки.

Ключевые слова: автоматизированные системы, учет веб-студии, управление проектами, финансовый учет, автоматизация бизнес-процессов, CRM.

The research is devoted to the analysis of modern automated information systems for accounting a web studio. The paper considers the key solutions presented on the market, with an assessment of their functionality, advantages and disadvantages. Special attention is paid to the generalization of such systems and the identification of their characteristic features in relation to the field of web development.

Keywords: automated systems, accounting a web studio, project management, financial accounting, automation of business processes, CRM.

В условиях цифровизации бизнеса, веб-студии играют ключевую роль в развитии онлайн-экономики, предоставляя услуги по созданию, продвижению и поддержке веб-проектов [1]. Их востребованность обусловлена следующими факторами:

- технологическая адаптивность – необходимость внедрять современные решения для соответствия рыночным трендам;
- обучение персонала – проведение тренингов и воркшопов для повышения квалификации разработчиков, маркетологов и дизайнеров;
- бизнес-эффективность – ускоренный запуск сайтов под ключ, что помогает компаниям быстро выходить на рынок и масштабироваться;
- имиджевая составляющая – разработка уникального дизайна и UX/UI, укрепляющего доверие клиентов;
- оптимизация затрат – снижение расходов на рекламу, за счет SEO- и SMM-продвижения.

Веб-студии предлагают комплекс услуг, включающий разработку сайтов различной сложности – от лендингов до ERP-систем (Enterprise Resource Planning) и маркетинговых, UX/UI-дизайн и редизайн для улучшения пользовательского опыта и конверсии, техническую поддержку с обеспечением безопасности, обновлений и исправлением ошибок, а также digital-маркетинг с SEO-оптимизацией, таргетированной рекламой и разработкой контент-стратегий, что делает их критически важными для бизнеса, помогая компаниям адаптироваться к цифровой среде и увеличивать прибыль.

Веб-студии активно используют специализированные информационные системы для автоматизации учета и управления проектами [2], среди которых особенно популярны Asana и Basecamp. Asana предлагает удобный интерфейс с Kanban-досками и диаграммой

Ганта, интеграцию с Google Workspace, Slack и Jira, гибкость для проектов любого масштаба, а также встроенные инструменты трекинга времени и бюджета, однако имеет недостатки в виде отсутствия русскоязычной локализации, высокой стоимости премиум-версии и слабой оптимизации мобильного приложения. В то же время Basecamp выделяется встроенным чатом для командной работы, возможностью обмена файлами и обсуждениями в реальном времени, а также простотой освоения, благодаря интуитивному дизайну, но при этом не поддерживает диаграммы Ганта и Agile-инструменты, обладает ограниченными возможностями кастомизации workflows и предлагает высокие тарифы для малого бизнеса.

Сравнительный анализ перечисленных систем представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем учёта

Критерий	Basecamp	Asana
Управление бюджетом	Нет	Да
Диаграмма Ганта	Нет	Да
Интеграция с банками/CRM	Нет	Да
Трекинг времени	Нет	Да
Поддержка Agile	Нет	Да
Клиентский портал	Да	Да

Процесс формирования требований к автоматизированной системе управления для веб-студии представляет собой комплексный анализ текущих бизнес-процессов [1] и выявление ключевых потребностей организации. Данный этап является фундаментальным для создания эффективного программного решения, которое сможет не только автоматизировать рутинные операции, но и оптимизировать работу всех подразделений компании.

Детальный анализ текущей деятельности предприятия проводился с использованием методов наблюдения, интервьюирования сотрудников и анализа документации. Это позволило выявить существующие проблемы и узкие места в рабочих процессах.

Функциональное моделирование осуществлялось в нотации IDEF0 [3], которая была выбрана благодаря своей наглядности и строгости. Для визуализации процессов использовался MS Visio – мощный инструмент для создания профессиональных диаграмм и схем. Его преимущества включают:

- широкий набор стандартных элементов моделирования;
- возможность коллективной работы над диаграммами;
- интеграцию с другими продуктами Microsoft Office;
- поддержку различных методологий бизнес-моделирования.

Проектирование декомпозиции контекстной диаграммы позволило перейти от общего представления о работе студии к детальному анализу отдельных подпроцессов. Были выделены четыре ключевых функциональных блока, каждый из которых был подвергнут дальнейшей детализации.

Анализ процессов выявил несколько существенных проблем:

- дублирование функций между отделами;
- неоптимальное распределение задач между разработчиками;
- чрезмерная бумажная работа;
- отсутствие единой системы учета рабочего времени;
- сложности с контролем сроков выполнения проектов.

Разработка предложений по улучшению бизнес-процессов основывалась на принципах бережливого производства и лучших практиках управления IT-проектами.

Контекстная диаграмма «КАК ЕСТЬ» наглядно продемонстрировала основные потоки информации и ресурсов в компании.

Входными данными для системы являются:

- исходные требования клиента;
- техническое задание (возможно, в нескольких редакциях);
- финансовые средства для оплаты услуг.

Результатами работы системы выступают:

- реализованный веб-проект;
- комплект отчетной документации;
- финансовый результат для компании.

Важными управляющими факторами являются:

- внутренние регламенты и стандарты компании;
- требования законодательства (в частности, ФЗ №149);
- отраслевые стандарты качества.

Декомпозиция основных процессов выявила их сложную структуру и взаимосвязи.

Например, процесс «Обработка заказа клиента» включает:

- первичный контакт и консультацию;
- анализ требований заказчика;
- разработку коммерческого предложения;
- согласование сроков и бюджета;
- формализацию технического задания;
- передачу проекта в работу.

Каждый из этих подпроцессов требует тщательной автоматизации и интеграции с другими системами компании. Особое внимание следует уделить:

- системе учета рабочего времени;
- инструментам контроля качества;
- механизмам оповещения о критических сроках;
- средствам документооборота;
- аналитическим отчетам.

Анализ показал, что существующая система управления проектами имеет ряд существенных недостатков:

- отсутствие единого информационного пространства;
- ручной ввод и дублирование данных;
- сложности с контролем исполнения задач;
- недостаточная прозрачность процессов;
- отсутствие аналитики в реальном времени.

На основании проведенного исследования были сформулированы ключевые требования к автоматизированной системе:

- интеграция с существующими инструментами разработки;
- гибкая система отчетности;
- возможность кастомизации под конкретные проекты;
- модуль управления ресурсами;
- инструменты для совместной работы;
- мобильный доступ;
- многоязычная поддержка;
- система оповещений и напоминаний;
- механизмы контроля качества;
- аналитические инструменты.

Особое внимание следует уделить безопасности данных и соответствию требованиям законодательства. Система должна обеспечивать:

- разграничение прав доступа;
- шифрование конфиденциальных данных;
- резервное копирование;
- аудит действий пользователей;

- соответствие GDPR и другим регуляторным требованиям.
- Реализация этих требований позволит создать комплексное решение, которое:
- увеличит производительность на 25-30%;
 - сократит время обработки заказов на 15-20%;
 - уменьшит количество ошибок при передаче информации;
 - повысит прозрачность бизнес-процессов;
 - улучшит контроль за исполнением проектов;
 - снизит операционные расходы.

Таким образом, проведенное исследование создало прочную основу для проектирования и разработки автоматизированной системы управления, которая сможет значительно повысить эффективность работы веб-студии и даст ей конкурентные преимущества на рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем: учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. И. Грекул, Н. Л. Коровкина, Г. А. Левочкина. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 385 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-12104-9. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/518749>.
2. Гутгарц, Р. Д. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления: учебное пособие для вузов / Р. Д. Гутгарц. — 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 351 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-15761-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/509638>.
3. Долганова, О. И. Моделирование бизнес-процессов: учебник и практикум для вузов / О. И. Долганова, Е. В. Виноградова, А. М. Лобанова; под редакцией О. И. Долгановой. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 289 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00866-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/511418>.

Сапунов Максим Николаевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1559736@bsu.edu.ru

Научный руководитель:
Сорокина Елена Сергеевна,
старший преподаватель кафедры прикладной
информатики и информационных технологий,
НИИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

А. Н. ТРУФАНОВ
A. N. TRUFANOV

ВЛИЯНИЕ МАРКЕТПЛЕЙСОВ НА РЫНОК ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ THE IMPACT OF MARKETPLACES ON THE E-COMMERCE MARKET

В статье рассматривается влияние маркетплейсов на рынок электронной коммерции в России. Анализируется, как их рост влияет на бизнес-модели традиционных интернет-магазинов и омниканальных ритейлеров. Исследуются ключевые характеристики маркетплейсов, их отличие от классических онлайн-магазинов и адаптация участников рынка. Цель работы – выявление изменений в стратегиях продавцов и динамике рынка, а также определение преимуществ маркетплейсов. Результаты подтверждают, что маркетплейсы изменяют структуру рынка, способствуют масштабированию малого и среднего бизнеса и создают новые вызовы для традиционной торговли. Подчеркивается важность интеграции маркетплейсов в многоканальные стратегии ритейлеров для трансформации рынка электронной коммерции.

Ключевые слова: электронный бизнес, маркетплейс, онлайн-продажи.

The article examines the impact of marketplaces on the e-commerce market in Russia. The article analyzes how their growth affects the business models of traditional online stores and omnichannel retailers. The key characteristics of marketplaces, their difference from classic online stores and the adaptation of market participants are investigated. The purpose of the work is to identify changes in sellers' strategies and market dynamics, as well as to identify the advantages of marketplaces. The results confirm that marketplaces are changing the structure of the market, contributing to the scaling of small and medium-sized businesses and creating new challenges for traditional commerce. The importance of integrating marketplaces into retailers' multi-channel strategies for the transformation of the e-commerce market is emphasized.

Keywords: e-business, marketplace, online sales.

На сегодняшний день маркетплейсы занимают значительную часть российского рынка интернет-продаж, предлагая покупателям широкий ассортимент товаров, удобные приложения для онлайн-заказов и услуги по доставке товаров. Рост популярности таких крупных платформ, как «Озон» и «Яндекс Маркет», приводит к изменению бизнес-моделей других участников рынка, включая классические интернет-магазины и омниканальных ритейлеров.

Цель исследования – анализ влияния маркетплейсов на трансформацию рынка интернет-продаж и изменений в бизнес-моделях его участников.

Объектом исследования является деятельность маркетплейсов как фактора, изменяющего структуру и механизмы функционирования рынка интернет-продаж, а также их влияние на стратегии продавцов, конкуренцию и поведение потребителей.

Актуальность исследования обусловлена тем, что маркетплейсы не только способствуют цифровизации торговли, но и создают новые вызовы для участников рынка. Понимание их влияния необходимо как для бизнеса, стремящегося адаптироваться к изменяющимся условиям, так и для исследователей, анализирующих развитие электронной коммерции в современных реалиях.

Для понимания влияния маркетплейсов на рынок электронной коммерции необходимо сначала рассмотреть их ключевые характеристики и отличия от классических интернет-магазинов. Это позволит определить, какие аспекты их работы оказывают наибольшее воздействие на бизнес-модели продавцов и динамику рынка.

Маркетплейс – это цифровая торговая платформа, обеспечивающая взаимодействие между продавцами, размещающими товары, и покупателями, приобретающими их на выгодных условиях. Такие площадки функционируют как двусторонние рынки [1], создавая экосистему, в которой продавцы получают доступ к широкой аудитории, а покупатели – к разнообразному ассортименту товаров и услуг. Маркетплейсы упрощают процесс онлайн-торговли за счет предоставления инструментов для логистики, платежей и продвижения, что делает их важным элементом современной электронной коммерции.

Хотя маркетплейсы и классические интернет-магазины с технической точки зрения представляют собой веб-платформы для электронной коммерции [2], их функциональная организация и принципы работы значительно различаются. Для конечного пользователя эти различия проявляются в ассортименте товаров, ценах, условиях доставки и взаимодействии с продавцами.

Маркетплейсы предоставляют доступ к товарам множества независимых продавцов, формируя конкурентную среду внутри одной платформы, тогда как классические интернет-магазины, как правило, предлагают продукцию одного ритейлера, обеспечивая единообразие сервисных условий.

Рост популярности маркетплейсов требует от других участников рынка электронной коммерции адаптации к новым условиям. Классические интернет-магазины, ранее работавшие исключительно через собственные сайты, все чаще вынуждены выходить на маркетплейсы, чтобы сохранить конкурентоспособность и расширить свою клиентскую базу. Это изменение обусловлено несколькими ключевыми факторами, связанными как с преимуществами маркетплейсов, так и с вызовами, которые они создают для традиционных моделей онлайн-торговли.

Одним из главных стимулов для продавцов к работе с маркетплейсами является доступ к широкой аудитории. Платформы привлекают миллионы пользователей, обеспечивая продавцам больше возможностей для сбыта товаров [3]. Это особенно важно для малого и среднего бизнеса, которому сложно самостоятельно развивать трафик на собственные сайты и конкурировать с крупными ритейлерами. Благодаря маркетплейсам небольшие компании получают возможность масштабироваться и выходить на локальные и региональные рынки без необходимости значительных вложений в маркетинг и IT-инфраструктуру.

Одним из ключевых факторов, влияющих на решение продавцов о выходе на маркетплейсы, является не только доступ к аудитории, но и операционные преимущества. Многие маркетплейсы предлагают услуги по логистике, беря на себя хранение, упаковку и доставку товаров. Это снижает операционные издержки продавцов, позволяя им сосредоточиться на развитии ассортимента и повышении качества продукции. Для покупателей это также дает преимущества в виде ускоренной доставки и единых условий обслуживания, что делает маркетплейсы более привлекательными по сравнению с отдельными интернет-магазинами.

Маркетплейсы предоставляют продавцам доступ к экосистеме дополнительных сервисов, включая финансовые инструменты (кредитование, отсрочки платежей), маркетинговые инструменты (платное продвижение товаров) и интеграцию с государственными структурами, что упрощает процессы сертификации и отчетности.

Таким образом, маркетплейсы становятся не просто торговыми площадками, а полноценными бизнес-инфраструктурами, обеспечивающими поддержку продавцов на всех этапах работы.

Исследование влияния маркетплейсов на рынок электронной коммерции включает в себя теоретический анализ литературы и анализ статистических данных. Были изучены научные публикации, посвященные маркетплейсам и их бизнес-моделям, а также данные отчета АКИТ за 2023 год.

Для исследования использовался сравнительный анализ, что позволило выделить ключевые характеристики маркетплейсов и их отличия от классических интернет-магазинов.

Для более наглядного понимания различий между моделями интернет-торговли рассмотрим ключевые характеристики маркетплейсов и классических интернет-магазинов (таблица 1). Эти отличия определяют стратегии продавцов и их адаптацию к условиям современного рынка.

Таблица 1 – Сравнение ключевых характеристик

	Маркетплейс	Онлайн-магазин
Модель продаж	Объединяет множество независимых продавцов, конкурирующих между собой.	Управляется одним продавцом, который самостоятельно формирует ассортимент, устанавливает цены и отвечает за выполнение заказов.
Ассортимент товаров	Предоставляет доступ к большому разнообразию продукции от разных поставщиков, что делает его более универсальным для потребителей.	Ассортимент ограничен товарами, доступными у одного продавца.
Ценообразование	На один и тот же товар могут предлагаться разные цены от различных продавцов, что создает условия для конкуренции	Цены формируются продавцом и остаются фиксированными в пределах одного сайта.
Логистика	Возможны разные модели логистики: продавец может самостоятельно отправлять товар покупателю или использовать складские и логистические услуги маркетплейса.	Продавец сам обрабатывает заказы и организует доставку.
Контакт с продавцом	Покупатель может приобретать товары у разных продавцов, и условия обслуживания могут значительно различаться.	Покупатель взаимодействует с одним юридическим лицом, которое несет ответственность за качество товара и сервис.
Маркетинговые стратегии	Продавцам предоставляются рекламные инструменты (например, платное продвижение товаров внутри платформы), что делает маркетинговые стратегии более гибкими.	Ответственность за продвижение товаров лежит на самом ритейлере.
Гарантия качества	Ответственность может распределяться между платформой и отдельными продавцами, что делает контроль качества менее однородным.	Продавец напрямую отвечает за качество товаров и сервис, что формирует более предсказуемый потребительский опыт.

По результатам исследования Ассоциации компаний интернет-торговли (АКИТ), проведенном в 2022 году [4], на маркетплейсы приходится 57,1% продаж от общего оборота интернет-торговли, в то время как доля классических интернет-магазинов составляет 9,4% (рисунок 1).

Приведенные данные подтверждают предположения о том, что с ростом популярности маркетплейсов остальным участникам рынка приходится адаптироваться. Доля маркетплейсов указывает на их доминирующее положение, что делает их ключевым каналом продаж. Одновременно с этим классические интернет-магазины занимают сравнительно небольшую часть рынка, что подтверждает тенденцию к снижению их значимости и переориентации продавцов на более крупные платформы.

Значительная доля омниканальных ритейлеров свидетельствует о том, что многие компании стремятся к многоканальной стратегии, сочетая онлайн-площадки с маркетплейсами и офлайн-магазинами. Это также соответствует предположению о том, что бизнесу приходится искать баланс между разными моделями продаж, адаптируясь к новым условиям.

Объем интернет-продаж за 2022 год (проценты)

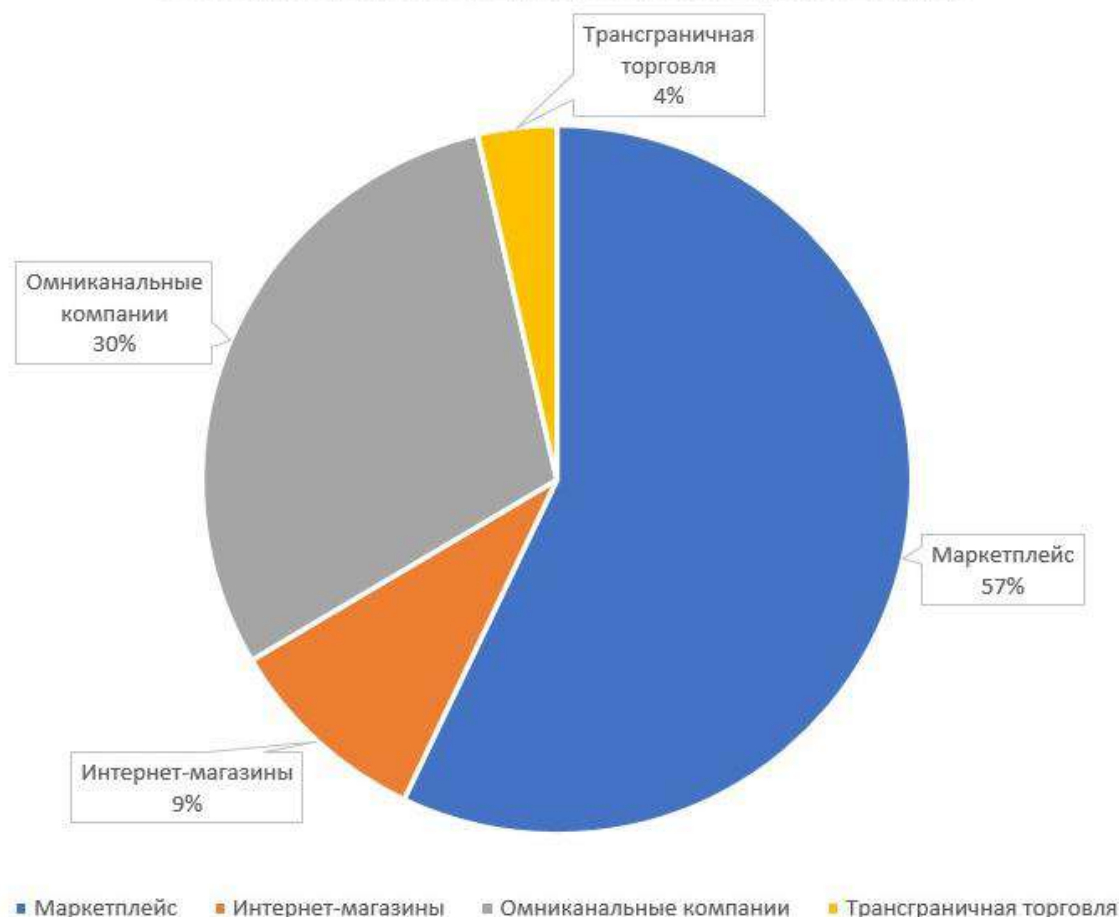


Рисунок 1 – Статистика интернет-продаж за 2022 год

Эти данные не только подтверждают гипотезу о растущем влиянии маркетплейсов, но и указывают на возможные перспективы дальнейшего развития электронной коммерции. В будущем можно ожидать усиления интеграции маркетплейсов с омниканальными ритейлерами и дальнейшей трансформации традиционных интернет-магазинов.

Таким образом, данные исследования подтверждают, что маркетплейсы не только изменили структуру рынка, но и повлияли на бизнес-модели других участников, заставляя их переходить на маркетплейсы или интегрировать их в свою стратегию продаж.

Исследование показало, что маркетплейсы оказывают значительное влияние на рынок электронной коммерции, предлагая широкий ассортимент товаров, удобные условия для покупателей и доступ к широкой аудитории для продавцов. В отличие от классических интернет-магазинов, маркетплейсы объединяют множество продавцов, создавая конкурентную среду и предоставляя логистические и маркетинговые инструменты. Это заставляет традиционные интернет-магазины и других участников рынка адаптироваться, интегрируя маркетплейсы в свои стратегии. В перспективе можно ожидать дальнейшего роста маркетплейсов и их интеграции с омниканальными ритейлерами, что будет способствовать дальнейшей трансформации рынка электронной коммерции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухтиярова, Т. И. Площадка маркетплейс как инновационная бизнес-технология // Педагогическая наука и практика. – 2021. – №2 (32). – С. 102-105.

2. Пьянова, Н. В. Маркетплейс: бизнес-модель современной экономики // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2024. – №2 (14). – С. 175-185.

3. Табышова, А. К. Маркетплейс (онлайн платформа электронной коммерции) как эффективная бизнес-модель торговли в условиях пандемии // Известия вузов Кыргызстана. – 2020. – №5. – С. 113-117.

4. Рынок интернет-торговли в России. Итоги 2023 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт АКИТ. URL: <https://admin.akit.ru/wp-content/uploads/2024/03/240227-Prezentatsiya-po-itogam-2023-goda.pdf>. (Дата обращения 10.03.25).

Труфанов Артем Николаевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1411140@bsuedu.ru

УДК 004.418

Научный руководитель:
Игрунова Светлана Васильевна,
доцент кафедры информационных и
робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Н.С. УЛАНСКИЙ, М.С. ТАРАРЫЕВ
N.S. ULANSKIY, M.S. TARARYEV

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВЕРНОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИЕЙ: ПЛАТФОРМЫ, ИНСТРУМЕНТЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

AUTOMATION OF SERVER VIRTUALIZATION MANAGEMENT SYSTEMS DEPLOYMENT: PLATFORMS, TOOLS, AND PRACTICAL APPROACHES

В данной статье представлены современные подходы к автоматизации разворачивания систем управления серверной виртуализацией. Рассмотрены ключевые платформы виртуализации — VMware vSphere, Microsoft Hyper-V, KVM и Proxmox VE, а также история их развития и особенности архитектуры. Подробно проанализированы инструменты автоматизации, такие как Ansible, Terraform, Puppet и Chef, с акцентом на их преимущества, недостатки и области применения. Выполнен сравнительный анализ платформ и инструментов с точки зрения удобства использования, масштабируемости, лицензирования и интеграции с облачными технологиями. Также освещены актуальные тенденции в области виртуализации и автоматизации, включая рост популярности открытых решений и конвергенцию с контейнерными технологиями. Работа предназначена для специалистов в области ИТ и DevOps, заинтересованных в оптимизации процессов управления виртуальной инфраструктурой.

Ключевые слова: автоматизация, виртуализация, VMware vSphere, Microsoft Hyper-V, KVM, Proxmox VE, Ansible, Terraform, DevOps, управление виртуальными машинами, PowerShell, REST API, cloud-init, CI/CD.

This article presents modern approaches to automating the deployment of server virtualization management systems. The key virtualization platforms — VMware vSphere, Microsoft Hyper-V, KVM, and Proxmox VE — are examined, along with their historical development and architectural features. Automation tools such as Ansible, Terraform, Puppet, and Chef are analyzed in detail, highlighting their advantages, disadvantages, and areas of application. A comparative analysis of the platforms and tools is conducted based on usability, scalability, licensing, and integration with cloud technologies. The article also discusses current trends in virtualization and automation, including the growing popularity of open-source solutions and the convergence with container technologies. The work is intended for IT professionals and DevOps engineers interested in optimizing the management of virtual infrastructures.

Keywords: automation, virtualization, VMware vSphere, Microsoft Hyper-V, KVM, Proxmox VE, Ansible, Terraform, DevOps, virtual machine management, PowerShell, REST API, cloud-init, CI/CD.

В современном мире информационных технологий виртуализация стала неотъемлемой частью ИТ-инфраструктуры предприятий любого масштаба. Технологии виртуализации позволяют эффективно использовать вычислительные ресурсы, упрощают администрирование и обеспечивают гибкость при разворачивании новых сервисов. Однако с ростом количества виртуальных машин и сложности инфраструктуры возникает необходимость в автоматизации процессов разворачивания и управления системами виртуализации.

В данной статье мы рассмотрим основные платформы виртуализации, их эволюцию, а также инструменты и подходы к автоматизации разворачивания систем управления виртуализацией. Особое внимание будет уделено сравнительному анализу различных решений и тенденциям развития в этой области.

История современных технологий виртуализации берет свое начало в 1999 году, когда молодая компания VMware выпустила свои первые продукты. С тех пор технологии виртуализации прошли значительный путь развития, и сегодня на рынке представлено несколько ключевых платформ, каждая со своими особенностями и преимуществами.

На сегодняшний день рынок систем виртуализации представлен несколькими ключевыми игроками, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Рассмотрим основные платформы более подробно.

VMware vSphere – ализированных приложений и являющаяся основой для построения облачных инфраструктур. VMware начала свой путь в 1999 году, а в 2001 году выпустила первую версию корпоративного гипервизора ESX. В 2009 году компания представила платформу vSphere, которая стала комплексным решением для виртуализации и управления виртуальной инфраструктурой. VMware-ESXi – гипервизор, устанавливаемый непосредственно на физический сервер – VMware vCenter Server – приложение для централизованного управления средами VMware vSphere и построения виртуальной облачной инфраструктуры. Исторически у VMware накопилось большое количество средств автоматизации, которые были привязаны к специфическим продуктам и интерфейсам. С течением времени эти продукты эволюционировали, объединялись в различные линейки, что привело к множеству способов управления инфраструктурой [3].

Рассмотрим основные API для автоматизации VMware vSphere.

vSphere Web Services API – использует протокол SOAP и XML, введен около 15 лет назад, широко применяется в различных продуктах и скриптах, имеет сложности, связанные с безопасностью и использованием XML.

vSphere Automation API – применяет принципы REST, более современный подход к автоматизации, упрощает интеграцию с современными системами [5].

VI/JSON – новый протокол, введенный в VMware vSphere 8 Update 1 (2023). Представляет собой современную замену устаревшему SOAP, предлагает те же VI API, но с современной моделью безопасности. Обеспечивает прямой доступ к управляемым свойствам через HTTP GET-запросы. Использует JSON вместо XML, что упрощает разработку.

Microsoft Hyper-V – это технология аппаратной виртуализации от Microsoft, которая впервые появилась в Windows Server 2008. Бесплатная отдельная версия Hyper-V, получившая название Microsoft Hyper-V Server 2008, была выпущена 1 октября 2008 года.

В начале 2000-х годов корпорация Microsoft искала новые направления для своего развития, одним из которых стала разработка собственной технологии виртуализации. Это было обусловлено растущей популярностью виртуализации в корпоративном сегменте и необходимостью конкурировать с другими решениями на рынке.

Гипервизор Hyper-V – основной компонент, обеспечивающий виртуализацию. Включает: службы интеграции – компоненты, улучшающие взаимодействие между гостевыми ОС и хост-системой; виртуальный коммутатор – компонент для организации сетевого взаимодействия; диспетчер виртуальных машин – инструмент для управления виртуальными машинами [6].

Microsoft предоставляет различные инструменты для автоматизации развертывания и управления виртуальными машинами в Hyper-V. Рассмотрим основные из них.

PowerShell является основным инструментом для автоматизации в экосистеме Microsoft. Модуль Hyper-V для PowerShell предоставляет более 160 командлетов для управления и позволяет создавать скрипты для автоматизации всех аспектов управления виртуализацией [6].

System Center Virtual Machine Manager (SCVMM) представляет собой централизованное решение для управления виртуальной инфраструктурой и поддерживает шаблоны и профили для стандартизации развертывания.

Windows Admin Center предлагает веб-интерфейс для управления серверами, включая Hyper-V, что существенно упрощает управление виртуальными машинами через браузер.

Помимо встроенных инструментов, для автоматизации Hyper-V часто используются сторонние решения, такие как Vagrant, Chocolatey, Boxstarter и Chef, которые расширяют возможности стандартных средств управления.

Рассмотрим подробнее KVM и его особенности. KVM (Kernel-based Virtual Machine) - это технология виртуализации, встроенная в ядро Linux. В 2007 году в ядре Linux появился модуль KVM, предложивший новый метод виртуализации с использованием аппаратной поддержки процессоров.

KVM представляет собой полное решение виртуализации для платформ Linux/x86, поддерживающее аппаратные расширения (Intel VT и AMD-V). Это позволяет запускать полноценные виртуальные машины с неизменными операционными системами Linux и Windows. Основными компонентами KVM являются: загружаемый модуль ядра Linux (kvm.ko), обеспечивающий основную инфраструктуру виртуализации; процессорно-специфичный модуль (kvm-intel.ko или kvm-amd.ko); и компонент пользовательского пространства QEMU, отвечающий за эмуляцию аппаратного обеспечения.

KVM использует два основных подхода к виртуализации. Первый - паравиртуализация, при которой исходный код гостевой ОС специально изменяется для более эффективного выполнения инструкций. Это улучшает производительность, но требует доступа к исходному коду ОС. Второй подход – аппаратная виртуализация, использующая специальные возможности процессоров Intel VT-x и AMD-V для эффективной виртуализации без модификации гостевых ОС [7].

Заслуживают особенного внимания основные инструменты автоматизации для KVM. Для автоматизации развертывания и управления виртуальными машинами в KVM используются различные инструменты, приведенные далее.

libvirt – API и инструменты для управления виртуализацией, предоставляющие единый интерфейс для управления различными гипервизорами, включая KVM. Этот инструмент включает утилиты командной строки, такие как virsh, которые упрощают взаимодействие с виртуальными машинами.

Ansible – система управления конфигурациями, включающая модули для управления KVM и libvirt. Она позволяет автоматизировать создание и настройку виртуальных машин и не требует установки агентов на управляемые системы, что упрощает процесс внедрения.

Terraform – инструмент для автоматизации инфраструктуры с провайдером libvirt для управления KVM. Terraform использует декларативный подход к описанию инфраструктуры, что делает процесс развертывания более предсказуемым и воспроизводимым.

Cloud-init – инструмент для начальной настройки облачных инстансов, который позволяет автоматизировать настройку виртуальных машин при первом запуске. Он поддерживается большинством облачных образов Linux, что обеспечивает совместимость с различными дистрибутивами.

Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE) – это открытая платформа для виртуализации, объединяющая технологии KVM и контейнеры LXC в одном решении. Компания Proxmox Server Solutions GmbH была создана в 2005 году Мартином и Дитмаром Мауэрарми, которые изначально планировали заниматься разработкой программного обеспечения для виртуализации [2].

Первая версия Proxmox VE была выпущена в 2008 году, и с тех пор платформа постоянно развивается, добавляя новые функции и улучшая существующие возможности. Proxmox VE включает в себя гипервизор KVM для полноценной виртуализации, а также контейнеры LXC для легковесной виртуализации на уровне операционной системы. Платформа предоставляет удобный веб-интерфейс для управления виртуальной инфраструктурой, поддерживает распределенное хранилище данных, кластеризацию и высокую доступность, а также имеет встроенную систему резервного копирования.

Для автоматизации развертывания и управления виртуальными машинами в Proxmox используются следующие инструменты, описанные далее.

REST API Proxmox – полный программный интерфейс для управления всеми аспектами Proxmox VE. Он позволяет автоматизировать создание, настройку и управление виртуальными машинами и контейнерами, может использоваться с различными языками программирования и инструментами, что обеспечивает гибкость при разработке решений автоматизации [8].

Ansible – включает модули для управления Proxmox VE через REST API. Этот инструмент позволяет описывать инфраструктуру в виде кода (Infrastructure as Code), не требует установки агентов на управляемые системы и отлично подходит для автоматизации развертывания тестовых окружений.

Terraform – предоставляет провайдер Proxmox для декларативного описания инфраструктуры. С его помощью можно управлять жизненным циклом виртуальных машин и контейнеров, а также интегрироваться с другими инструментами DevOps, создавая комплексные решения для автоматизации.

За последние годы рынок платформ виртуализации претерпел значительные изменения. Если в начале 2010-х годов VMware занимала доминирующее положение с долей рынка около 65%, то к 2024 году ситуация существенно изменилась. Доля VMware снизилась до 40%, в то время как Microsoft Hyper-V увеличил свое присутствие до 33%. Также заметен рост популярности открытых решений, таких как KVM (19%) и Proxmox VE (8%) [7].

Эти изменения обусловлены несколькими факторами: развитием и улучшением функциональности альтернативных решений; стремлением компаний к снижению затрат на лицензирование; ростом популярности открытого программного обеспечения; и интеграцией технологий виртуализации с облачными платформами [7].

Сравнение платформ виртуализации представлено в таблице 1, которая позволяет оценить их относительные преимущества и недостатки для различных сценариев использования.

Таблица 1 – Сравнение платформ виртуализации

Критерий	VMware vSphere	Microsoft Hyper-V	KVM	Proxmox VE
Тип лицензии	Коммерческая	Коммерческая (включена в Windows Server)	Открытая (GPL)	Открытая (AGPL)
Стоимость	Высокая	Средняя	Бесплатно	Бесплатно (коммерческая поддержка платная)
Зрелость решения	Очень высокая	Высокая	Высокая	Средняя
Масштабируемость	Очень высокая	Высокая	Высокая	Средняя
Удобство управления	Очень высокое	Высокое	Среднее	Высокое
Поддержка контейнеров	Через дополнительные продукты	Через дополнительные продукты	Через дополнительные инструменты	Встроенная (LXC)
Интеграция с облаком	Очень высокая	Высокая	Высокая	Средняя
Экосистема	Очень развитая	Развитая	Развитая	Развивающаяся

Автоматизация развертывания и управления системами виртуализации является ключевым фактором для эффективного использования ресурсов и снижения операционных затрат. За последние годы наблюдается значительное изменение в предпочтениях инструментов автоматизации. Если в 2012 году лидерами были Puppet (30%) и Chef (25%), то к 2024 году ситуация кардинально изменилась. Ansible стал наиболее популярным инструментом с долей рынка 65%, за ним следует Terraform с 55%. Доля Puppet снизилась до 10%, а Chef – до 5%.

Такие изменения обусловлены несколькими факторами: простотой использования и низким порогом входа у Ansible; ростом популярности подхода «Инфраструктура как код» (IaC); интеграцией инструментов автоматизации с облачными платформами; и стремлением к упрощению процессов развертывания и управления.

Рассмотрим основные инструменты для автоматизации развертывания и управления VMware vSphere. Одним из наиболее эффективных решений является Terraform с провайдером VMware, который позволяет описывать инфраструктуру в виде кода, поддерживает создание и настройку виртуальных машин, сетей, хранилищ, а также интегрируется с другими инструментами DevOps [1].

Другим популярным инструментом является Ansible с модулями для VMware, который предоставляет широкие возможности для управления всеми аспектами vSphere. Он позволяет автоматизировать настройку ESXi и vCenter, а также поддерживает развертывание и настройку виртуальных машин.

Для пользователей, предпочитающих экосистему Microsoft, отличным выбором станет PowerCLI – специфичный для VMware инструмент на основе PowerShell. Он предоставляет более 700 командлетов для управления vSphere и хорошо интегрируется с другими инструментами Microsoft [3].

Рассмотрим основные инструменты для автоматизации развертывания и управления Microsoft Hyper-V. Наиболее естественным выбором является PowerShell с модулем Hyper-V – нативный инструмент для автоматизации в экосистеме Microsoft. Он предлагает более 160 командлетов для управления Hyper-V и поддерживает все аспекты управления виртуализацией.

Для разработчиков и тестировщиков удобным решением будет Vagrant с провайдером Hyper-V, который позволяет создавать и использовать образцы виртуальных машин. Этот инструмент автоматизирует развертывание одной или нескольких виртуальных машин и поддерживает провизионинг – процесс установки и настройки программного обеспечения.

В корпоративной среде часто используется System Center Virtual Machine Manager (SCVMM) – централизованное решение для управления виртуальной инфраструктурой. SCVMM поддерживает шаблоны и профили для стандартизации развертывания и интегрируется с другими продуктами Microsoft.

Для автоматизации KVM можно рассмотреть несколько эффективных инструментов. Ansible с модулями для libvirt предоставляет возможности для управления KVM через libvirt, позволяет автоматизировать создание и настройку виртуальных машин и не требует установки агентов на управляемые системы.

Terraform с провайдером libvirt обеспечивает декларативное описание инфраструктуры KVM, поддерживает управление жизненным циклом виртуальных машин и интегрируется с другими инструментами DevOps.

Для начальной настройки виртуальных машин широко применяется cloud-init – инструмент для начальной настройки облачных инстансов. Он позволяет автоматизировать настройку виртуальных машин при первом запуске и поддерживается большинством облачных образов Linux [3].

Для автоматизации развертывания и управления Proxmox VE наиболее эффективными инструментами являются следующие решения. Ansible с модулями для Proxmox предоставляет модули для управления Proxmox VE через REST API, позволяет описывать инфраструктуру в виде кода и подходит для автоматизации развертывания тестовых окружений.

Terraform с провайдером Proxmox обеспечивает декларативное описание инфраструктуры Proxmox, управление жизненным циклом виртуальных машин и контейнеров, а также интеграцию с другими инструментами DevOps [3].

Для разработчиков, предпочитающих создавать собственные решения, доступен REST API Proxmox – полный программный интерфейс для управления всеми аспектами Proxmox VE. Он может использоваться с различными языками программирования и поддерживает все функции Proxmox VE.

Сравнение инструментов автоматизации представлено в таблице 2, где детально анализируются их возможности, преимущества и особенности применения для различных сценариев использования. При выборе решения для автоматизации развертывания системы управления виртуализацией необходимо учитывать несколько ключевых факторов. Рассмотрим основные из них.

В первую очередь следует обратить внимание на существующую инфраструктуру. Если уже используется определенная платформа виртуализации, имеет смысл выбирать инструменты, хорошо интегрирующиеся с ней. Для экосистемы Microsoft оптимальным выбором будет PowerShell и SCVMM, в то время как для Linux-окружений лучше подойдут Ansible и Terraform с соответствующими провайдерами.

Масштаб инфраструктуры также играет важную роль при выборе инструментов автоматизации. Для небольших инфраструктур подойдут более простые решения, такие как Ansible или скрипты PowerShell. В случае крупных инфраструктур рекомендуется использовать комбинацию инструментов, например, Terraform для создания инфраструктуры и Ansible для настройки [2].

Таблица 2 – Сравнение инструментов автоматизации

Критерий	Ansible	Terraform	Puppet	Chef
Архитектура	Агентлесс	Агентлесс	Клиент-сервер	Клиент-сервер
Подход	Процедурный	Декларативный	Декларативный	Процедурный с элементами декларативности
Язык	YAML	HCL	DSL на основе Ruby	Ruby
Порог входа	Низкий	Средний	Высокий	Высокий
Масштабируемость	Средняя	Высокая	Очень высокая	Высокая
Управление состоянием	Ограниченное	Встроенное	Встроенное	Встроенное
Интеграция с облаком	Высокая	Очень высокая	Средняя	Средняя
Экосистема	Очень развитая	Развитая	Развитая	Развитая

Не менее важным фактором являются компетенции команды. Выбор инструментов должен учитывать существующие навыки и опыт специалистов. Стоит отметить, что Ansible имеет более низкий порог входа по сравнению с Puppet или Chef, в то время как Terraform требует понимания концепции «Инфраструктура как код».

Требования к автоматизации также влияют на выбор инструментов. Для полной автоматизации жизненного цикла инфраструктуры рекомендуется использовать комбинацию инструментов. Если же необходима автоматизация только развертывания, может быть достаточно одного инструмента. Для интеграции с CI/CD необходимы инструменты с хорошей поддержкой API [4].

Рынок систем виртуализации и инструментов автоматизации продолжает активно развиваться. Можно выделить несколько ключевых тенденций, которые следует учитывать при планировании стратегии автоматизации. Одной из таких тенденций является конвергенция виртуализации и контейнеризации, которая проявляется в интеграции соответствующих технологий в единые платформы и развитии гибридных решений, поддерживающих как виртуальные машины, так и контейнеры.

Другой важной тенденцией является рост популярности открытых решений, что выражается в увеличении доли рынка открытых платформ виртуализации, таких как KVM и Proxmox VE, а также в развитии открытых инструментов автоматизации и их интеграции с облачными платформами [9].

Наблюдается также упрощение инструментов автоматизации, что проявляется в снижении порога входа для их использования и развитии графических интерфейсов и визуальных конструкторов для создания автоматизированных процессов.

Интеграция с облачными платформами становится все более важной тенденцией, что выражается в развитии гибридных облачных решений, объединяющих локальную виртуализацию и публичные облака, а также в унификации инструментов управления для локальных и облачных ресурсов.

Автоматизация развертывания систем управления серверной виртуализацией является ключевым фактором для эффективного использования ресурсов и снижения операционных затрат. В данной статье мы рассмотрели основные платформы виртуализации, их эволюцию, а также инструменты и подходы к автоматизации.

Выбор конкретного решения зависит от множества факторов, включая существующую инфраструктуру, масштаб, компетенции команды и требования к автоматизации. Однако общая тенденция направлена на упрощение инструментов, интеграцию с облачными платформами и развитие открытых решений.

Использование современных инструментов автоматизации позволяет значительно сократить время развертывания, повысить надежность инфраструктуры и обеспечить гибкость при внедрении новых сервисов. Это особенно важно в условиях постоянно растущих требований к ИТ-инфраструктуре и необходимости быстрой адаптации к изменяющимся условиям бизнеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. VMware vSphere Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/> свободный (дата обращения: 21.04.2025)
2. Microsoft Hyper-V Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/virtualization/hyper-v/hyper-v-on-windows-server/> свободный (дата обращения: 21.04.2025)
3. KVM Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://www.linux-kvm.org/page/Documents> свободный (дата обращения: 21.04.2025)
4. Proxmox VE Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: https://pve.proxmox.com/wiki/Main_Page/ свободный (дата обращения: 21.04.2025)
5. Ansible Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://docs.ansible.com/> свободный (дата обращения: 21.04.2025)
6. Terraform Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://www.terraform.io/docs> свободный (дата обращения: 21.04.2025)
7. Puppet Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://puppet.com/docs/> свободный (дата обращения: 21.04.2025)
8. Chef Documentation: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://docs.chef.io/> свободный (дата обращения: 21.04.2025)
9. Нововведения VMware в средствах автоматизации виртуальной инфраструктуры VMware vSphere: [Сайт] - 2023 15 с. / Режим доступа: <https://vm-guru.com/articles/vmware-vsphere-automation-api-powercli-news-2023/> свободный (дата обращения: 21.04.2025)

Уланский Никита Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Магистр кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: shemetova_o@bsuedu.ru

Тарарьев Матвей Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: mr.tarariev@yandex.ru

УДК 004

*Научный руководитель:
Ломазов Вадим Александрович,
профессор кафедры прикладной информатики и
информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

И.А. УЛИНЕЦ
J.A. ULINETS

ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

PROSPECTS AND LIMITATIONS OF MODERN TECHNOLOGIES FOR MONITORING TRAFFIC FLOWS

Актуальность темы статьи обусловлена ростом числа автомобилей, необходимостью оптимизации транспортных систем и развитием концепции умных городов. Цель состоит в рассмотрении современных технологий мониторинга транспортных потоков. В результате анализа выявлены ключевые преимущества технологий, такие как оперативный сбор и обработка данных, прогнозирование пробок и адаптивное управление движением. Также рассмотрены и ограничения, одними из которых определена высокая стоимость внедрения, проблемы интеграции с существующей инфраструктурой, вопросы точности данных и кибербезопасности. Материалы статьи могут быть полезны специалистам в области разработки интеллектуальных транспортных систем, раскрывая перспективы и ограничения частной задачи цифровизации дорожного движения.

Ключевые слова: транспортный поток, движение, автомобиль, трафик, цифровизация, мониторинг, управление движением, умный город.

The relevance of the topic is due to the growing number of cars, the need to optimize transport systems and the development of the concept of smart cities. The purpose of the article is to review modern technologies for monitoring traffic flows. The analysis revealed key advantages of the technologies, such as rapid data collection and processing, traffic forecasting, and adaptive traffic management. Limitations also considered, including the high cost of implementation, problems of integration with existing infrastructure, issues of data accuracy and cybersecurity. The materials of the article can be useful to specialists in the field of developing intelligent transport systems, revealing the prospects and limitations of a particular task of digitalization of traffic.

Key words: Traffic flow, traffic, car, traffic, digitalization, monitoring, traffic management, smart city.

Развитие концепции «умных городов» становится важнейшим направлением урбанистики и цифровой трансформации. Согласно данным аналитической компании Mordor Intelligence, объем мирового рынка умных городов оценивается в 1,36 трлн долларов США в 2024 году и, как ожидается, достигнет 3,84 трлн долларов США к 2029 году, при среднегодовом темпе роста 23,21% [1]. Развитие интеллектуальных транспортных систем является одной из ключевых составляющих «умных городов», направленной на повышение безопасности дорожного движения, снижение уровня заторов и оптимизацию работы общественного транспорта. Одной из важнейших задач в этом контексте становится мониторинг и прогнозирование транспортных потоков. Современные технологии, такие как IoT-датчики, видеонаблюдение, анализ больших данных и искусственный интеллект, позволяют получать информацию в режиме реального времени, анализировать динамику движения и прогнозировать транспортные нагрузки. Однако несмотря на активное развитие этих технологий, остается ряд нерешенных проблем, связанных с их интеграцией в единую систему, анализом эффективности различных решений и адаптацией к условиям конкретных городов.

Вопросы цифровизации транспортной инфраструктуры и внедрения интеллектуальных транспортных систем являются предметом многочисленных научных исследований. Так, Рахманов П. А., Бегенджов К., Каландаров М. К. анализируют общие

тенденции развития концепции «умных городов», рассматривая ее влияние на повышение качества городской среды [2]. Болодурина И. П., Анциферова Л. М., Гришина Л. С. занимаются вопросами мониторинга движения на перекрестках и разработкой алгоритмов для повышения пропускной способности дорог [3]. Проблемам мониторинга общественного транспорта посвящены исследования Алдабаевой О. Г., в которых рассматриваются способы повышения точности предсказания прибытия транспорта на остановки и методы минимизации задержек [4]. Несмотря на значительное количество исследований, на момент 2025 года остается нерешенной проблема комплексного подхода к оценке возможностей и ограничений применения современных технологий мониторинга транспортных потоков. В частности, недостаточно изучены вопросы совместимости различных технологических решений, экономической целесообразности их внедрения и адаптации к инфраструктурным особенностям разных городов. В связи с этим, целью данной статьи является рассмотрение современных технологий мониторинга транспортных потоков (далее – ТП), их возможностей, преимуществ и ограничений.

Задача мониторинга и прогнозирования ТП заключается в сборе, обработке и анализе данных о движении транспортных средств в реальном времени с целью повышения эффективности транспортной системы. Это включает в себя контроль загруженности дорог, управление потоками на перекрестках, прогнозирование пробок и оптимизацию работы общественного транспорта. Согласно исследованию Минниханова Р. Н., Дагаевой М. В., Аникина И. В. (2020), современные методы мониторинга позволяют выявлять закономерности в транспортных потоках, определять критические точки перегрузки и разрабатывать меры для их устранения [5]. Однако для этого необходима интеграция различных технологий, обеспечивающих комплексный анализ информации.

Для эффективного мониторинга ТП применяются различные технологические решения, каждое из которых ориентировано на решение конкретных задач: видеонаблюдение и компьютерное зрение (распознавание номеров автомобилей, анализ загруженности дорог, контроль нарушений ПДД); IoT-датчики и сенсоры (измерение скорости движения, плотности транспортных потоков, анализ дорожных условий); GPS и ГЛОНАСС-трекеры (отслеживание местоположения общественного и грузового транспорта, расчет оптимальных маршрутов); Big Data и искусственный интеллект (прогнозирование пробок, оптимизация светофорных циклов, анализ поведения водителей); спутниковый мониторинг (контроль за состоянием дорожной сети, выявление участков с высоким риском аварий).

Несмотря на очевидные преимущества внедрения современных технологий мониторинга ТП, на 2025 год наблюдаются значительные ограничения их применения: высокая стоимость внедрения – особенно в крупных городах с разветвленной дорожной сетью; требования к инфраструктуре – необходимость установки датчиков, камер и систем связи; ограничения в точности данных – ошибки в определении скорости, недостаточное покрытие датчиками; проблемы интеграции – сложность объединения разнородных данных из различных источников. В таблице 1 представлены результаты анализа и систематизации ключевых преимуществ и ограничений применения различных технологий мониторинга ТП.

Анализ технологий мониторинга транспортных потоков показывает, что каждая из них обладает как преимуществами, так и ограничениями. Видеонаблюдение обеспечивает высокий уровень детализации данных, но требует значительных ресурсов для хранения. IoT-датчики позволяют оперативно получать данные о состоянии дорожной сети, но их применение ограничивается радиусом действия. Big Data и искусственный интеллект обладают большим потенциалом в области прогнозирования, однако требуют значительных вычислительных мощностей. Для нивелирования выявленных ограничений автор настоящей статьи рекомендует проработку следующих вопросов: интеграцию гибридных систем (использование комбинации различных технологий (например, IoT-датчиков и видеонаблюдения) для повышения точности и надежности мониторинга); оптимизацию вычислительных процессов (применение облачных технологий и

распределенных вычислений для обработки больших объемов данных); развитие сетевой инфраструктуры (расширение покрытия IoT-датчиков и внедрение 5G для повышения скорости передачи данных); использование методов интеллектуальной фильтрации данных (сокращение нагрузки на хранилища за счет предварительной обработки и отбора наиболее значимой информации).

Таблица 1 – Преимущества и ограничения технологий мониторинга ТП

№	Технология	Преимущества	Ограничения
1	Видеонаблюдение и компьютерное зрение	Высокая точность анализа, возможность фиксации нарушений	Требует больших объемов хранения данных, высокая стоимость
2	IoT-датчики и сенсоры	Оперативный сбор данных, низкое энергопотребление	Ограниченный радиус действия, сложность обслуживания
3	GPS и ГЛОНАСС-трекеры	Точность в определении местоположения транспорта	Потеря сигнала в туннелях, высокая зависимость от спутников
4	Big Data и искусственный интеллект	Возможность прогнозирования заторов и оптимизации движения	Требуется большая вычислительная мощность, сложность алгоритмов
5	Спутниковый мониторинг	Позволяет отслеживать состояние дорог на макроуровне	Низкая детализация, зависит от погодных условий

В настоящей статье рассмотрены современные технологии мониторинга транспортных потоков, их преимущества и ограничения. Проведенный анализ позволил выявить ключевые аспекты, влияющие на эффективность их внедрения, а также существующие барьеры, препятствующие их повсеместному использованию. Основным вывод заключается в том, что на текущем этапе развития технологий существует необходимость комплексного подхода к применению различных решений для мониторинга и прогнозирования транспортных потоков. В рамках статьи отражены результаты комплексного рассмотрения технологий для решения широкого спектра частных задач, что делает представленные материалы полезными для специалистов в области транспортной логистики, городского планирования и цифровых технологий. Также важно отметить, что реализация разработанных автором рекомендаций позволит повысить эффективность мониторинга и прогнозирования транспортных потоков, снизив технологические и экономические барьеры их внедрения. Перспективы развития вопроса заключаются в дальнейшем совершенствовании технологий обработки данных, повышении точности прогнозирования за счет машинного обучения и нейросетей, а также разработке интегрированных платформ, объединяющих различные источники информации для комплексного анализа транспортных потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Размер рынка умных городов. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/smart-cities-market> (дата обращения 03.03.2025 г.).
2. Рахманов П.А., Бегенджов К., Каландаров М.К. Умные города: технологические инновации для комфортной и устойчивой жизни // Вестник науки. 2024. №4 (73). С. 823-826.
3. Болодурина И.П., Анциферова Л.М., Гришина Л.С. Интеллектуальная модель прогнозирования интенсивности движения транспортных средств на перекрестке // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. №6. С. 69-78.

4. Алдабаева О.Г. Разработка программного обеспечения системы мониторинга прогнозирования характеристик движения общественного транспорта // Форум молодых ученых. 2018. №5-1 (21). С. 135-144.

5. Минниханов Р.Н., Дагаева М.В., Аникин И.В. Подход к прогнозированию транспортных потоков, основанный на агрегировании информации, получаемой из различных // Вестник НЦБЖД. 2020. № 4(46). С. 128-137.

Улинец Иосиф Алексеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1759488@bsuedu.ru

УДК 681.3.15

Научный руководитель:
Гончаров Дмитрий Викторович,
старший преподаватель кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Н.В. ФЕДОРОВА, И.И. ГОНЧАРОВА, А.В. КОЗЛОВ
N.V. FEDOROVA, I.I., GONCHAROVA, A.V. KOZLOV

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ

DEVELOPMENT OF APPLICATION FOR AGRICULTURAL MONITORING AND RESOURCE MANAGEMENT

В работе рассмотрена разработка программного обеспечения для мониторинга сельскохозяйственных параметров растениеводства, позволяющих принимать научно обоснованные решения по управлению ресурсами компании. Подобное программное обеспечение необходимо для обеспечения оптимизации финансовых затрат на сопровождение технологических процессов растениеводства.

Ключевые слова: сельскохозяйственный мониторинг; оптимизация затрат; управление; разработка программного обеспечения.

The paper considers the development of software for monitoring agricultural parameters of plant growing, allowing to make scientifically based decisions on the management of company resources. Such software is necessary to ensure the optimization of financial costs for the support of technological processes of plant growing.

Key words: agricultural monitoring; cost optimization; management; software development.

В условиях стремительного развития агротехнологий и цифровизации экономики современное сельское хозяйство сталкивается с необходимостью перехода от традиционных методов управления к новым решениям. Традиционные системы, основанные на ручном планировании, использовании бумажных документов и разрозненных таблиц, не способны удовлетворить требования современной агропромышленной деятельности [1]. Ручное управление часто приводит к потере данных, ошибкам в планировании и неэффективному использованию ресурсов [2]. В данной статье рассматривается концепция разработки цифрового инструмента, который на основе анализа широкого спектра данных – от погодных условий и показателей почвы до информации о стадиях роста растений – сможет автоматически генерировать рекомендации по поливу, закупке удобрений и своевременному сбору урожая.

Целью данного исследования является разработка концептуального WPF-приложения, которое будет служить аналитической платформой для поддержки принятия решений агропроизводителями. Приложение предполагает интеграцию данных о климате, состоянии почвы, росте культур и наличии необходимых ресурсов, что позволит существенно повысить точность прогнозирования и снизить издержки за счёт оптимизации процессов управления сельскохозяйственными хозяйствами.

Современные методы управления сельским хозяйством базируются на накопленном опыте агрономов, однако зачастую использование разрозненных данных приводит к неоптимальному принятию решений [3]. Традиционные подходы, такие как ведение бумажных записей и использование простых таблиц, не позволяют оперативно анализировать большие объёмы информации, что существенно ограничивает возможности по прогнозированию и оптимизации агропроцессов [4].

Важным аспектом является комплексный сбор информации, включающей метеорологические показатели, характеристики почвы и данные о физиологическом состоянии растений. Использование максимально возможного объёма данных позволяет

формировать более точные аналитические модели, на основе которых можно разрабатывать рекомендации по оптимизации режимов полива, корректировке доз удобрений и планированию сроков сбора урожая.

Этап разработки заключается в создании прототипа на основе технологии WPF, использующем язык C# для реализации логики обработки данных. Разработка была ориентирована на концептуальное доказательство работоспособности системы, поэтому все расчёты выполняются непосредственно на основе введенных пользователем данных без использования внешних баз данных [5]. На изображении ниже приведён пример интерфейса приложения – окно ввода данных (рисунок 1).

Рисунок 1 – Окно ввода данных

При разработке приложения особое внимание было уделено проверке корректности вводимых значений. В случае ошибок (например, некорректное число или не соответствующая диапазону стадия роста) система выдает понятное сообщение об ошибке, что позволяет оперативно исправить ввод и продолжить работу. Алгоритм расчёта рекомендаций учитывает заданные пороговые значения для каждой культуры [6]. Например, для пшеницы оптимальная влажность почвы составляет 40–60%, а для картофеля – 50–70%. Если влажность ниже минимального порога, формируется рекомендация увеличить полив. Аналогично проводится анализ показателей pH и стадии роста. На изображении представлен интерфейс отчёта (рисунок 2).

Отчёт для культуры: Картофель

Характеристики культуры: Оптимальная влажность: 50-70%, pH: 5.5-6.5.

Введённые данные:
 Температура: 25°C
 Осадки: 15 мм
 Влажность почвы: 48%
 pH почвы: 5
 Стадия роста: 5

Рекомендации:
 Полив: Низкая влажность: увеличьте полив.
 Удобрения: pH почвы вне оптимума: корректируйте удобрениями.
 Сбор урожая: Стадия роста максимальна: рекомендуем сбор урожая.

Рисунок 2 – Окно отчёта

Результатом реализации прототипа стало рабочее приложение, позволяющее в автоматическом режиме получать рекомендации по управлению агропроцессами на основе введенных данных. Проведенный анализ показал, что автоматизация расчётов способна

значительно улучшить точность прогнозирования агротехнических мероприятий и снизить человеческий фактор в принятии решений. В сравнении с традиционными методами управления, данное приложение обеспечивает централизованный сбор данных и оперативную обработку, что особенно актуально в условиях динамично меняющихся климатических условий.

Обсуждая плюсы и минусы предлагаемого решения, можно отметить, что использование цифровых технологий позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на планирование и принятие решений, а также минимизировать риски, связанные с человеческими ошибками. Однако, система полностью зависит от корректности введенных данных, и на начальном этапе её использования возможно возникновение интеграционных проблем, особенно при попытках автоматического сбора информации с внешних источников, таких как метеорологические API и IoT-сенсоры.

Перспективы дальнейшего развития системы связаны с расширением функционала, включая интеграцию с внешними источниками данных, добавлением модулей для анализа долгосрочных трендов и возможностью сохранения истории расчётов. В перспективе данное приложение может стать основой для комплексных систем поддержки принятия решений, применимых как для малых фермерских хозяйств, так и для крупных агрохолдингов.

На основании проведённого исследования можно сделать вывод, что цифровизация сельского хозяйства является необходимым шагом для повышения эффективности агропроизводства. Разработанное WPF-приложение демонстрирует потенциал использования информационных технологий для автоматизации процессов управления, позволяя получать точные рекомендации по поливу, корректировке показателей почвы и планированию сроков сбора урожая. Концепция системы подтверждает, что интеграция разнообразных данных позволяет значительно оптимизировать процессы управления и минимизировать затраты.

В дальнейшем рекомендуется сосредоточиться на расширении функционала приложения, доработке алгоритмов анализа данных и интеграции с внешними источниками информации. Такие меры позволят повысить точность прогнозов, сделать систему более гибкой и адаптируемой к изменяющимся условиям агропроизводства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка метода комплексной оценки экологического состояния объектов и процессов агропромышленного комплекса / О. А. Иващук, В. И. Федоров, Д. А. Иващук, Н. В. Федорова // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2023) : Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции, Белгород, 31 мая – 02 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 171-176.

2. Иващук, О. А. Проведение имитационного эксперимента по росту и развитию сельскохозяйственных культур в условиях динамики парникового эффекта / О. А. Иващук, Н. П. Зуев, Д. В. Гончаров // Innovations in Life Sciences : сборник материалов VI Международного симпозиума, Белгород, 22–24 мая 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2024. – С. 153-154.

3. Логинов, И. В. Управление функциональным развитием многофункциональных киберфизических систем / И. В. Логинов, В. И. Федоров // Информатика и системы управления. – 2023. – № 2(76). – С. 108-120.

4. Метод комплексной оценки состояния сельскохозяйственных территорий в условиях динамики парникового эффекта на основе технологии искусственного интеллекта / О. А. Иващук, Д. В. Гончаров, В. И. Федоров, О. И. Гурьянова // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 2. – С. 59-65.

5. Моделирование киберфизической системы интеллектуального мониторинга и управления экологической безопасностью АПК / О. А. Иващук, И. С. Константинов, В. И. Федоров [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 11. – С. 52-55.

6. Решение практических задач нормирования выбросов взвешенных частиц в атмосферный воздух города Белгорода с использованием данных лидарных измерений / А. Э. Боровлев, С. А. Кунгурцев, В. И. Соловьев, Л. В. Мигаль // Экологические системы и приборы. – 2013. – № 6. – С. 16-21.

Федорова Надежда Владимировна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

E-mail: fedorova_n@bsu.edu.ru

Гончарова Ирина Ивановна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: goncharova_i@bsuedu.ru

Козлов Артем Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент инжинирингового колледжа НИУ «БелГУ», кафедры ЦМК Информационных систем и программного обеспечения

E-mail: qnerq21@mail.ru

УДК 69.059

*Научный руководитель:
Гончаров Дмитрий Викторович,
старший преподаватель кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Н.В. ФЕДОРОВА, И.И. ГОНЧАРОВА, А.В. КОЗЛОВ
N.V. FEDOROVA, I.I., GONCHAROVA, A.V. KOZLOV

**РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**
**DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR MONITORING THE TECHNICAL
CONDITION OF BUILDINGS BASED ON SIMULATION DATA**

В работе рассмотрена разработка программного комплекса для мониторинга технического состояния зданий на основе экспериментальных данных.

Ключевые слова: экспериментальные данные, моделирование, мониторинг технического состояния зданий

The paper considers the development of a software package for monitoring the technical condition of buildings based on simulation data.

Keywords: simulation data, simulation analysis, monitoring of the technical condition of buildings

Современная эксплуатация зданий требует регулярного контроля их технического состояния. Традиционные методы мониторинга, такие как визуальные осмотры и периодические проверки, характеризуются высокой трудоёмкостью, зависят от квалификации специалистов и зачастую не позволяют оперативно выявить критические проблемы [1]. В связи с этим актуальным становится вопрос разработки автоматизированных систем, способных проводить симуляционный анализ технического состояния на основе заранее введённых данных.

В данном проекте предлагается концептуальное WPF-приложение, которое позволяет специалисту вводить структурные характеристики зданий, а затем на основе симуляционных моделей проводить анализ состояния объектов и формировать рекомендации по ремонту или замене элементов. Автоматизированный подход способствует повышению эффективности контроля, снижению затрат и уменьшению человеческого фактора.

Своевременный мониторинг технического состояния зданий является важным условием обеспечения безопасности эксплуатации и продления срока службы конструкций [2]. Применение цифровых технологий и симуляционных моделей для анализа износа позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы и принимать превентивные меры. Несвоевременное обнаружение дефектов может приводить к аварийным ситуациям и значительным финансовым потерям, что подчеркивает актуальность внедрения автоматизированных систем контроля.

Цель проекта заключается в разработке концептуального WPF-приложения для мониторинга технического состояния зданий, основанного на симуляционных данных.

Традиционные методы мониторинга включают визуальные осмотры, периодические технические проверки и использование специализированных датчиков. Однако данные подходы характеризуются высокой трудозатратностью, индивидуальным подходом к каждому объекту и зависимостью от человеческого фактора [3]. Это создаёт предпосылки для разработки автоматизированных систем, позволяющих централизованно собирать и анализировать данные.

Для корректного функционирования системы необходимо вводить следующие данные:

- название и адрес здания;
- возраст и материал постройки;
- показатели износа отдельных конструктивных элементов;
- дополнительные данные, позволяющие оценить текущую эксплуатационную ситуацию.

Разработанная система обладает рядом сильных сторон, включая централизованный сбор данных и автоматизацию анализа, что позволяет снизить зависимость от регулярных физических проверок и оперативно выявлять потенциальные проблемы с последующим предоставлением рекомендаций. Однако система имеет и слабые стороны: её работа напрямую зависит от точности вводимых данных, что требует квалифицированного ввода информации на начальном этапе для обеспечения корректности симуляции. В перспективе система обладает возможностью масштабирования для различных типов зданий, а также интеграции с IoT-устройствами для автоматического сбора данных, что значительно повысит точность анализа и скорость обработки информации. В то же время остаются определённые угрозы, включая вероятность ошибок симуляции при неверном вводе данных, а также ограниченную применимость системы в случае отсутствия автоматизации сбора информации, что может снизить эффективность её использования.

Система разделена на несколько модулей. Разрабатываемая система включает несколько ключевых модулей, обеспечивающих комплексное функционирование приложения. Модуль ввода данных отвечает за сбор информации о здании, включая название, адрес, возраст, материал и показатель износа. В окне ввода данных используется набор элементов управления WPF и стиль оформления интерфейса, что делает процесс заполнения данных интуитивно понятным для пользователя. Модуль симуляции обрабатывает введённые данные и проводит анализ. Окно симуляции реализует выбор здания из списка и автоматически генерирует рекомендации на основе введённых параметров. Модуль формирования отчёта собирает данные и формирует текстовый отчёт с анализом состояния зданий. В окне формирования отчёта демонстрируется процесс сбора информации, форматирования и вывода результатов анализа в удобном для восприятия виде. Модуль настроек предоставляет пользователю возможность изменять пороговые значения для симуляционного анализа. В окне настроек реализована форма для ввода новых значений с последующей проверкой корректности данных, что позволяет гибко адаптировать систему под конкретные эксплуатационные условия.

К каждому окну применены единые стили, что обеспечивает гармоничное визуальное оформление приложения. Фотографии интерфейсов можно дополнить, чтобы проиллюстрировать процесс добавления данных, проведения симуляции, формирования отчётов и настройки системы.

Прототип реализован на платформе WPF с использованием языка программирования C#. Данная платформа была выбрана благодаря широким возможностям для разработки графического интерфейса и высокой производительности при обработке симуляционных данных. WPF предоставляет инструменты для создания интерактивных и наглядных интерфейсов. Язык C# обеспечивает высокую степень гибкости при реализации бизнес-логики, обработки событий и взаимодействия с базой данных.

Для ввода данных разработан специальный модуль (рисунок 1). Он отвечает за сбор информации о здании, включая название, адрес, возраст, материал и показатель износа. Поля ввода снабжены встроенной валидацией, которая проверяет корректность введённых данных, например, проверяет возраст здания на соответствие допустимым значениям. Это позволяет избежать ошибок на этапе ввода и повысить точность последующего анализа. Пользователь может легко перемещаться между полями, использовать выпадающие списки для выбора значений и сохранять внесённые изменения с помощью кнопки подтверждения.

Ввод данных здания

Название здания:

Жилой дом «Зеленый квартал»

Адрес:

ул. Гагарина, 5

Возраст здания (лет):

25

Материал:

Панельный

Показатель износа (%)

60%

Сохранить данные

Рисунок 1 – Окно ввода данных

Далее представлен модуль симуляции (рисунок 2).

Название	Адрес	Возраст	Материал	Износ (%)
Бизнес-центр «Глобус»	ул. Ленина, 10	15	Железобетон	30
Школа №45	ул. Пушкина, 23	40	Кирпич	50
Торговый центр «Мег»	проспект Мира, 120	10	Металлоконструкции	20
Жилой дом «Зеленый кв»	ул. Гагарина, 5	25	Панельный	60
Поликлиника №7	ул. Советская, 15	35	Кирпич	30

Симулировать

Анализ для Поликлиника №7: Состояние здания удовлетворительное. Материал: Кирпич.

Рисунок 2 – Окно модуля симуляции

В модуле обрабатываются введенные данные, проводится анализ на основе заданных пороговых значений и формируется рекомендации по техническому обслуживанию. Программа автоматически оценивает состояние здания, анализирует выявленные отклонения и выводит рекомендации в текстовой форме. Например, при высоком показателе износа может быть предложена замена кровли или проведение капитального ремонта. Это позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы и предотвращать их развитие.

На изображении ниже представлен модуль формирования отчёта (рисунок 3).

Отчет по зданиям

Отчет по зданиям и их состоянию:

Название: Бизнес-центр «Глобус»
Адрес: ул. Ленина, 10
Возраст: 15 лет
Материал: Железобетон
Износ: 30%
Рекомендация: Состояние удовлетворительное.

Название: Школа №45
Адрес: ул. Пушкина, 23
Возраст: 40 лет
Материал: Кирпич
Износ: 50%
Рекомендация: Провести ремонт крыши.

Название: Торговый центр «Мег»
Адрес: проспект Мира, 120
Возраст: 10 лет
Материал: Металлоконструкции
Износ: 20%
Рекомендация: Состояние удовлетворительное.

Название: Жилой дом «Зеленый квартал»
Адрес: ул. Гагарина, 5
Возраст: 25 лет
Материал: Панельный
Износ: 60%
Рекомендация: Провести ремонт крыши.

Название: Поликлиника №7
Адрес: ул. Советская, 15
Возраст: 35 лет
Материал: Кирпич
Износ: 30%
Рекомендация: Состояние удовлетворительное.

Обновить отчет

Рисунок 3 – Окно отчёта

Этот модуль собирает все результаты анализа и формирует текстовый отчёт с оценкой состояния здания. В окне отчёта выводятся основные параметры здания, выявленные проблемы и рекомендации по обслуживанию. Пользователь может экспортировать отчёт в текстовый файл или просмотреть его в окне программы. Форматирование отчёта выполнено в структурированном виде с разделением информации по блокам, что упрощает восприятие и последующую обработку данных.

На изображении ниже показан модуль настроек, который позволяет пользователю изменять пороговые значения для симуляционного анализа (рисунок 4).

Настройки

Настройки пороговых значений

Низкий порог: (% износа)

Высокий порог: (% износа)

Сохранить настройки

Рисунок 4 – Окно настройки

В окне настроек предусмотрены поля для ввода новых значений с последующей проверкой корректности данных. Например, можно установить минимальное значение износа, при котором система начнёт выдавать предупреждение о необходимости ремонта. Внесённые изменения сохраняются в конфигурационном файле, что позволяет адаптировать систему под условия эксплуатации конкретного здания. Это даёт пользователю возможность настроить параметры анализа в соответствии с техническими требованиями объекта.

Разработанный прототип успешно демонстрирует возможность централизованного ввода данных, их симуляционного анализа и формирования отчётов. Сравнение работы системы с традиционными методами контроля подтверждает, что автоматизация позволяет оперативно выявлять проблемы и снижать затраты на техническое обслуживание [4].

В ходе разработки концептуального приложения для мониторинга технического состояния зданий было доказано, что симуляционный анализ, основанный на введённых данных, позволяет оперативно выявлять проблемные участки и формировать рекомендации по ремонту. Созданное WPF-приложение демонстрирует высокую перспективность автоматизации контроля и централизованного сбора данных.

Разработанное WPF-приложение эффективно автоматизирует мониторинг технического состояния зданий. Оно позволяет вводить данные, проводить симуляцию износа и генерировать отчёты с рекомендациями, что снижает затраты на обслуживание и предотвращает аварийные ситуации. Система обеспечивает централизованный сбор данных и оперативный анализ, однако её эффективность зависит от точности ввода данных. В дальнейшем возможно добавление интеграции с IoT-устройствами для автоматического сбора данных, что повысит точность и удобство использования системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горпинченко В.М., Егоров М.И. Мониторинг эксплуатационной пригодности особо ответственных, сложных и уникальных сооружений // Промышленное и гражданское строительство, № 10, 2004.

2. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. М., 2005.

3. Doebling S.W., Farrar C.R., Prime M.B., Shevitz D.W. Damage identification and health monitoring of structural and mechanical system from changes in their vibration characteristics: a literature review. Report No. LA 13070-MS, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NV, 1996.

4. Hemez F.M., Doebling S.W. Review and assessment of model updating for nonlinear, transient dynamics. Mechanical Systems and Signal Processing, 15(1), 2001, pp. 45-74.

5. Lynch J.P., Kenneth J.L. A Summary Review of Wireless Sensors and Networks for Structural Health Monitoring // The Shock and Vibration Digest, 2006. <http://svd.sagepub.com/cgi/content/abstract/38/2/91>.

Федорова Надежда Владимировна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

E-mail: fedorova_n@bsu.edu.ru

Гончарова Ирина Ивановна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: goncharova_i@bsuedu.ru

Козлов Артем Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент инжинирингового колледжа НИУ «БелГУ», кафедры ЦМК Информационных систем и программного обеспечения

E-mail: qnerq21@mail.ru

УДК 004.658.2

*Научный руководитель:
Ильинская Елена Владимировна,
доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

О.С. ФЕФЕЛОВ, Д.О. ОРЕХОВ
O.S. FEFELOV, D.O. OREKHOV

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ПАРКОВОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ DEVELOPMENT OF INFORMATIZATION TOOLS FOR LOCAL PARKING SPACES

В данной статье представлена информационная система, позволяющая контролировать работу парковки, отслеживать время и данные клиентов автомобильной парковки. Описаны её свойства и компоненты, а также разобраны методы и возможности внедрения данной базы данных представленной в виде информационной системы в автоматизированную систему автомобильной парковки.

Ключевые слова: Информационная система, база данных, поиск, парковочные места.

This article presents an information system that allows you to monitor the operation of parking, track the time and data of car parking customers. Its properties and components are described, as well as the methods and possibilities of implementing this database presented in the form of an information system in an automated car parking system are analyzed.

Keywords: Information system, database, search, parking spaces.

Информационные системы становятся неотъемлемой частью современного управления парковочной деятельностью, обеспечивая высокую степень автоматизации, удобство и эффективность в работе. В дальнейшем исследование и развитие таких систем могут привести к еще большему улучшению процессов управления и повышению качества обслуживания клиентов [1].

Главной задачей информационной системы служит контроль за процессами нахождения свободных мест для парковки автомобиля на конкретной территории, расположенной в зоне многоквартирного дома. Помимо этого, данная информационная система должна выполнять ещё тринадцать дополнительных функций:

- 1) возможность авторизации пользователей в системе;
- 2) контроль пользователей с разделением на группы;
- 3) контроль стоянок и парковочных мест на каждой из них;
- 4) контроль привязки пользователей к конкретным стоянкам;
- 5) контроль стоимости каждого парковочного места индивидуально;
- 6) контроль автомобилей с классификацией по маркам;
- 7) хранение информации о владельцах автомобилей;
- 8) визуальный поиск доступных парковочных мест на плане-графике, отображаемом на большом экране перед парковкой;
- 9) возможность аренды выбранного парковочного места;
- 10) анализ данных по аренде парковочных мест;
- 11) печать талонов, кассовых чеков и отчетов по аренде парковочных мест;
- 12) подключение к базе данных;
- 13) настройка реквизитов организации.

Благодаря этим функциям становится возможным значительно улучшить и упростить управление парковочной деятельностью и гарантированно повысить удобство для пользователей.

В данной статье рассматривается проектирование самих парковок. С помощью данной информационной базы возможно контролировать систему только вручную, полностью автоматизировать парковку возможно взяв за основу данную систему.

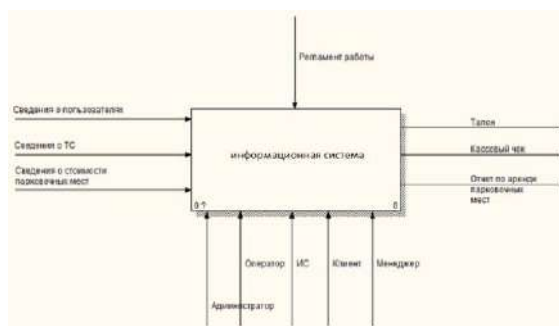


Рисунок 1 – Общий процесс

Система работает таким образом – изначально в неё вносятся данные о транспортных средствах, их владельцах и стоимость парковочных мест, а затем формируются справки в виде чека, талона и отчёта. Информационную модель данных можно описать как схему, которая показывает связи между таблицами базы данных, которые объединены через ключевые поля.

В систему поступают данные о пользователях, транспортных средствах и ценах на парковочные места. В результате работы системы создаются отчеты, включая талон, чек и отчет.

Информационная модель данных представляет собой схему, показывающую взаимосвязи между таблицами баз данных, которые соединены с помощью ключевых полей [2].

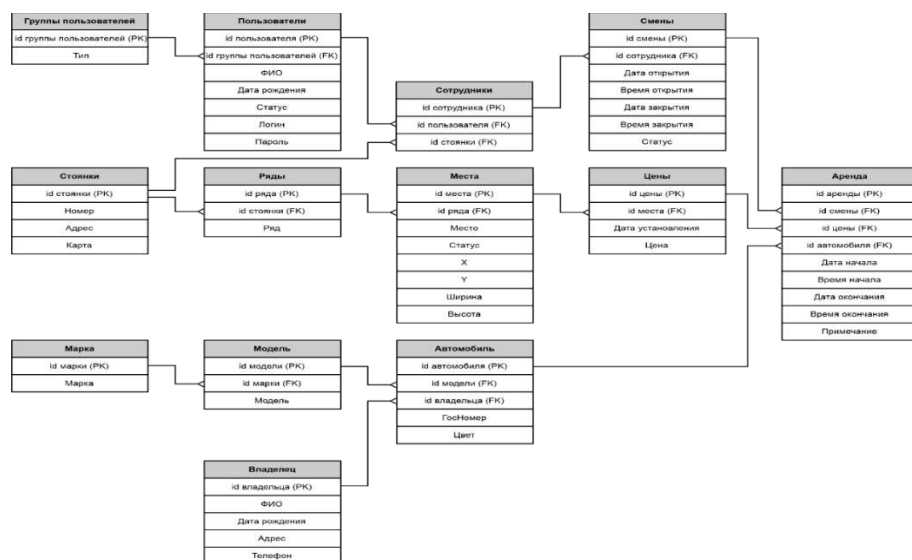


Рисунок 2 – Информационная модель данных

Интерфейс ИС при входе администратора представляет вкладку «Администрирование» в которой есть возможность вносить пользователей, стоянки и парковочные места и пользователей отвечающих какую-либо парковку. Есть вкладка «Сведения об автомобилях и владельцах», в данной вкладке вносятся марки и модели автомобилей и их владельцы.



Рисунок 3 – Главное окно программы

Администратор имеет возможность проектировать парковки. На данном рисунке спроектирована парковка НИУ «БелГУ» (15-ый корпус).

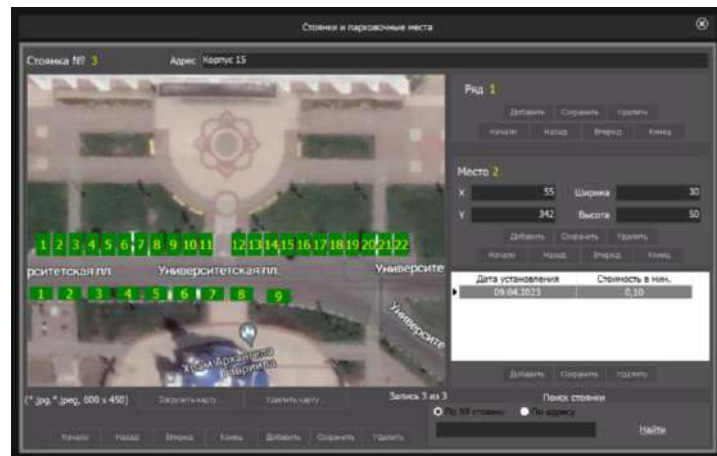


Рисунок 4 – Созданные и добавленные парковочные места

Оператор при выборе места, нажимая кнопку, начинает и заканчивает аренду места.



Рисунок 5 – Аренда парковочных мест

Также есть менеджер, который может увидеть автоматически сформированный отчёт по работе парковки.



Рисунок 6 – Анализ работы

В данной статье рассмотрено проектирование информационной системы. В результате работы было разработано программное приложение, предназначенное для поиска и аренды доступных парковочных мест. Основная цель системы заключается в упрощении процесса поиска и аренды свободных парковочных мест. Для достижения этой

цели предусмотрены функции сбора, хранения и обработки информации, а также ее поиска. В дальнейшем планируется интеграция данной информационной системы в полностью автоматизированное программное обеспечение, которое будет контролировать работу автомобильных парковок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовин В.А., Дегтярев А.В., Оганов В.А.: Экономическая эффективность разработки информационных систем и технологий. Учебное пособие: под ред. Дегтярева А.В. - М.: МАИ – Доброе Слово, 2025.

2. Баженова И.Ю.: Разработка распределенных приложений баз данных: Курс лекций. - М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2019. - 203 с.

Фефелов Олег Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: chmireva@bsuedu.ru

Орехов Даниил Олегович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: daniil_orekhov2001@mail.ru

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Ильинская Елена Владимировна,
доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

О.С. ФЕФЕЛОВ, О.В. ХУДАЕВА
O.S. FEFELOV, O.V. KHUDAEVA

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ФЕДЕРАЛЬНОЙ НАЛОГОВОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR INFORMATION SECURITY MANAGEMENT IN THE SYSTEM OF THE FEDERAL TAX SERVICE OF RUSSIA

В статье рассматривается современное состояние и информационной безопасности в экономической сфере. Проводится анализ наиболее вероятных угроз системе информационной безопасности в сфере налогообложения. Подробно рассматриваются методы ИТ-обеспечения безопасности информации, применяемые в Федеральной налоговой службе России.

Ключевые слова: современные информационные технологии, система информационной безопасности, защита информации, Федеральная налоговая служба России.

The article examines the current state of information security in the economic sphere. The main threats to information security and the directions of its provision in the taxation system are analyzed. The system of IT information security in the Federal Tax Service of Russia is presented.

Keywords: information technology, information security, information security system, Federal Tax Service of Russia.

В настоящее время ИТ-технологии проникли во все сферы общественной жизни и значительно смогли упростить некоторые процессы. В этой связи их рациональное применение является залогом экономического роста страны в целом и способствует эффективному созданию информационного общества [1].

Автоматизация и цифровизация различных сфер человеческой деятельности открывают новые горизонты, но также создают новые риски и угрозы, особенно в области ИТ- безопасности.

Рассмотрим основные виды возможных угроз информационной безопасности в налоговой сфере:

- программные угрозы;
- технические угрозы;
- физические угрозы;
- информационные угрозы [3].

По мнению М.В. Беспалова, для объектов информатизации Федеральной налоговой службы (ФНС) основными источниками угроз являются антропогенные факторы (включая действия злоумышленников и сотрудников ФНС) и техногенные риски (например, ошибки проектирования и недостаточная защита информации) [5].

Согласно «Концепции информационной безопасности ФНС России», главные цели обеспечения безопасности информации включают:

- соблюдение законодательства в области информационной безопасности;
- предотвращение несанкционированного доступа к данным и техническим средствам;

- обеспечение доступности информации и минимизация последствий нарушений доступа;
- защита прав субъектов при обработке данных;
- предотвращение негативного воздействия на информацию [2].

Правовая основа для обеспечения информационной безопасности в ФНС России включает:

- Федеральный закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»;
- Закон РФ от 21.07.1993 N 5485-1 «О государственной тайне»;
- Налоговый кодекс РФ;
- Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ «О персональных данных»;
- постановление Правительства РФ от 01.11.2012 N 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах»;
- приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 N 17 «Об утверждении требований о защите информации в государственных системах»;
- приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 N 21 «Об утверждении мер по обеспечению безопасности персональных данных»;
- постановление Правительства РФ от 03.11.1994 N 1233 «О порядке обращения со служебной информацией»;
- Федеральный закон от 06.04.2011 N 63-ФЗ «Об электронной подписи».

На сегодняшний день ИТ-инфраструктура ФНС России включает автоматизированные системы, такие как АИС «Налог-3», Федеральная информационная адресная система и федеральная государственная система ведения Единого государственного реестра записей актов гражданского состояния [2].

Единой информационной системой, обеспечивающей автоматизацию деятельности ФНС России, является АИС «Налог -3», которая была введена в действие в 2020 г. Она обеспечивает защиту данных от любых попыток несанкционированного получения информации.

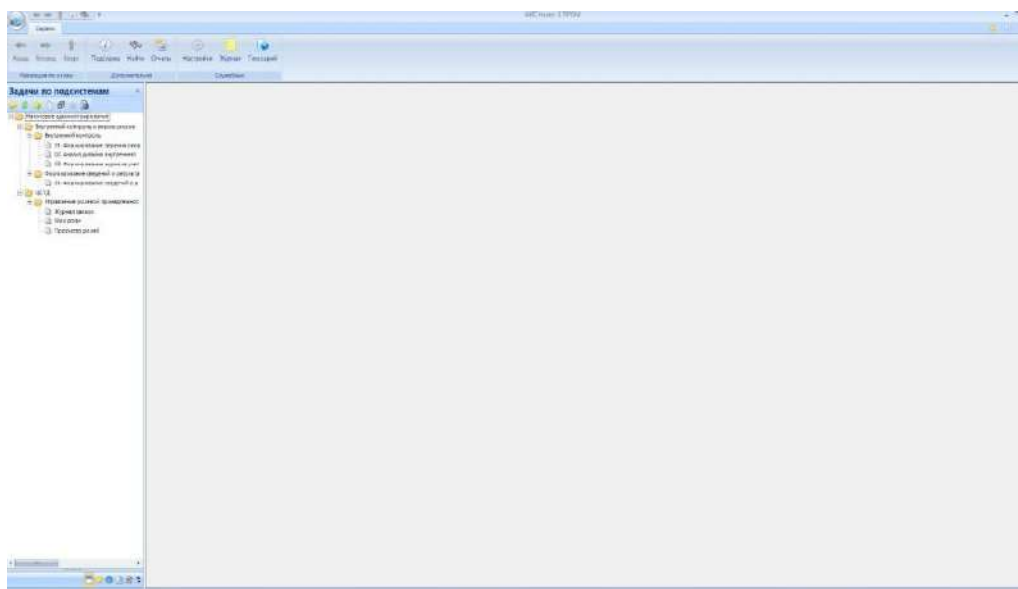


Рисунок 1 – Интерфейс АИС «Налог-3»

Одним из ключевых компонентов архитектуры автоматизированной информационной системы «Налог-3» являются подсистемы информационных технологий, включая управление ИТ-инфраструктурой и систему обеспечения безопасности информации (СОБИ). СОБИ предназначена для защиты данных от

несанкционированного доступа, копирования и других неправомерных действий [4, 6]. В ФНС России СОБИ представлена различными системами защиты информации, которые включают в себя:

- функции защиты информации, встроенные в общее программное обеспечение информационных систем ФНС и телекоммуникационную инфраструктуру;
- специализированные программные и аппаратные средства защиты (включая средства для предотвращения несанкционированного доступа, повышенной аутентификации, криптографической защиты, создания защищенных каналов связи, антивирусные программы и т.д.);
- инструменты контроля состояния информационной системы ФНС, телекоммуникационной инфраструктуры и действий пользователей (такие как сетевые сканеры, системы анализа сообщений и средства мониторинга активности пользователей);
- средства управления информационной безопасностью в информационных системах ФНС и телекоммуникационной инфраструктуре (включая управляющие агенты, консоли администраторов и средства регистрации данных контроля) [7].

Доступ налоговых инспекторов к данным в АИС «Налог-3» регулируется через различные шаблоны и роли. Эти шаблоны или роли назначаются вручную в соответствии с должностными регламентами, специализацией отдела и позицией работника администраторами по информационной безопасности. Ограничения на доступ к шаблонам устанавливаются Центральным аппаратом ФНС и передаются подразделениям, ответственным за безопасность информации в нижестоящих инспекциях. Однако ручное назначение прав доступа подвержено человеческому фактору: администратор может ошибиться при назначении шаблона, что может привести к злоупотреблениям со стороны налоговых инспекторов.

В связи с этим возникла необходимость разработки модуля для АИС «Налог-3», который автоматизирует процесс назначения шаблонов и ролей налоговым инспекторам. Этот модуль будет содержать информацию о должностях и отделах инспекторов, а также допустимые для назначения шаблоны и роли. Автоматизация позволит администраторам по информационной безопасности быстрее сверять шаблоны с отделами и должностями сотрудников, а также автоматически проверять соответствие ограничениям ФНС. Это сделает работу администраторов более эффективной и ускорит доступ налоговых инспекторов к базе данных в АИС «Налог-3».

Несмотря на значительные усилия по созданию надежной системы информационной безопасности в Федеральной налоговой службе России, остаются нерешенные проблемы. Эффективность информационной безопасности в налоговой системе зависит от системного подхода, который включает использование комплекса организационных мер и программно-технических средств, а также регулярную модернизацию и внедрение современных программных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ 05.12.2016 г. № 646) - URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41460> (дата обращения: 03.04.2025)
2. Концепция информационной безопасности ФНС России - URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-fns-rossii-ot-06042021-n-ed-7-24298/kontseptsia-informatsionnoi-bezopasnosti-fns-rossii/?ysclid=lvpffc6pri58378589> (дата обращения: 03.05.2024)
3. Алискеров М.Р. Информационные системы в налогообложении: учебное пособие. – Махачкала: ДГИНХ, 2013. – 151 с.
4. АИС «Налог-3» - Новая разработка от ФНС [Электронный ресурс] // Nanalog.ru - URL: <http://nanalog.ru/index.php?newsid=887> (дата обращения: 06.03.2025)

5. Беспалов М.В. Информационное взаимодействие в системе налоговых органов: основные задачи, проблемные точки и перспективы развития // Бухгалтер и закон. - 2013. - № 5. - С. 13-17. - URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20500502> (дата обращения: 19.04.2025)

6. Горбунова Е.С. Автоматизированная информационная система «Налог-3» как единое централизованное информационное пространство Федеральной налоговой службы России [Электронный ресурс] // <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-informatsionnaya-sistema-nalog-3-kak-edinoe-tsentralizovannoe-informatsionnoe-prostranstvo-federalnoy-nalogovoy/viewer> (дата обращения: 06.04.2025)

7. Юрцев А.Н. Особенности информационной безопасности в процессе развития автоматизации в деятельности ФНС России // International Journal Humanities and Natural Sciences. – 2023. - vol. 4-4 (79). - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-informatsionnoy-bezopasnosti-v-protsesse-razvitiya-avtomatizatsii-v-deyatelnosti-fns-rossii/viewer> (дата обращения: 06.05.2024)

Фефелов Олег Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Ассистент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: fefelov@bsuedu.ru

Худаева Оксана Валерьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Магистрант кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: oxanahudaeva@yandex.ru

УДК 004.852:519.233

*Научный руководитель:
Великая Яна Геннадьевна,
доцент кафедры математического и программного
обеспечения информационных систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

А.А. ФРОЛОВ
A.A. FROLOV

СРАВНЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ И БИБЛИОТЕКИ SCIKIT-LEARN COMPARISON OF A CUSTOM IMPLEMENTATION OF LINEAR REGRESSION AND THE SCIKIT-LEARN LIBRARY

В данной работе решается задача построения линейной регрессионной модели для прогнозирования числовых результатов на основе набора признаков. Используется двусторонний подход: реализация алгоритма методом градиентного спуска «с нуля» и использование готовых решений из библиотеки машинного обучения Scikit-learn. Сравнение метрик трех различных наборов данных (стоимость медицинской страховки, цены на автомобили, доступность для студентов) на платформе Kaggle. Описывается процесс предварительной обработки данных, включающий обработку категориальных признаков, проверку на аномалии и масштабирование числовых признаков. Качество моделей измеряется с помощью RMSE, MAE и коэффициента детерминации (R^2) в отложенном тестовом наборе.

Ключевые слова: машинное обучение, линейная регрессия, градиентный спуск, Scikit-learn, предобработка данных, сравнение алгоритмов, метрики регрессии, RMSE, MAE, R^2 , Kaggle.

This paper solves the problem of building a linear regression model for predicting numerical results based on a set of attributes. A two-pronged approach is used: implementing the algorithm by gradient descent from scratch and using ready-made solutions from the Scikit-learn machine learning comparison library. Metrics comparison of three different datasets (health insurance costs, car prices, student affordability) on the Kaggle platform. The data preprocessing process including categorical feature processing, anomaly checking, and numerical feature scaling is described. The quality of the models is measured using RMSE, MAE and coefficient of determination (R^2) in a delayed test set

Keywords: Machine learning, linear regression, gradient descent, Scikit-learn, data preprocessing, algorithm comparison, regression metrics, RMSE, MAE, R^2 , Kaggle

Введение

Машинное обучение (ML) предоставляет мощные инструменты для анализа данных и прогнозирования. Одной из фундаментальных задач ML является регрессия, где целью является предсказание непрерывного значения. Линейная регрессия – простой, интерпретируемый и широко используемый алгоритм для этой задачи, часто служащий важной отправной точкой.

Современные библиотеки, такие как Scikit-learn (sklearn), предлагают готовые, оптимизированные реализации линейной регрессии. Однако, для глубокого понимания принципов работы алгоритмов и возможностей их адаптации, полезен опыт их реализации «с нуля».

Целью данной работы является реализация алгоритма линейной регрессии, с использованием градиентного спуска, и анализ его эффективности (качество прогнозирования и время обучения), по сравнению с готовой реализацией, из библиотеки sklearn. Это позволит оценить практические преимущества и недостатки каждого подхода.

Постановка задачи и описание методов

Задача линейной регрессии заключается в построении модели, предсказывающей значение непрерывной целевой переменной y на основе набора входных признаков x . Вектор признаков для одного объекта представляется как:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

где n – общее количество признаков. Математически модель описывается уравнением:

$$a(x) = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n$$

где $a(x)$ – предсказанное значение, w_0 – свободный член (смещение или intercept), $w_1, w_2, \dots, w_n$ – весовые коэффициенты, соответствующие каждому признаку x .

Цель обучения – найти вектор w , минимизирующий функцию потерь, обычно среднеквадратичную ошибку (MSE) на обучающей выборке размером m :

$$MSE(w) = \left(\frac{1}{m}\right) * \sum_{j=1}^m (a(x^j) - y^j)^2$$

где m – количество примеров в обучающей выборке, x^i и y^i – вектор признаков и истинное значение целевой переменной для i -го примера соответственно.

Существуют различные методы для нахождения вектора весов w , минимизирующего MSE. В данной работе рассматриваются два подхода.

Градиентный спуск (пользовательская реализация).

Градиентный спуск является итеративным численным методом. Суть метода заключается в том, что координаты вектора весовых коэффициентов w обновляются на каждом шаге в направлении антиградиента функции потерь, заданной в виде $MSE(w)$:

$$w := w - \alpha * \nabla MSE(w)$$

где α – скорость обучения (learning rate). В работе реализованы функции *fit* (обучение) и *predict* (предсказание).

Библиотека Scikit-learn (sklearn.linear_model.LinearRegression), нормальное уравнение.

Эталонная модель. Часто использует аналитическое решение через нормальное уравнение для минимизации MSE.

$$w = (\tilde{X}^T \tilde{X})^{-1} \tilde{X}^T y_{true}$$

где $\tilde{X}$ – матрица признаков обучающей выборки, y_{true} – вектор истинных значений.

Оценка проводилась на тестовой выборке с использованием метрик:

RMSE (Root Mean Squared Error): Корень из среднеквадратичной ошибки.

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{k}\right) * \sum_{j=1}^k (y_{pred}^j - y_{true}^j)^2}$$

MAE (Mean Absolute Error): Средняя абсолютная ошибка.

$$MAE = \left(\frac{1}{k}\right) * \sum_{j=1}^k |y_{pred}^j - y_{true}^j|$$

R^2 (Коэффициент детерминации): показывает долю дисперсии целевой переменной, которую способна объяснить модель.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^k (y_{true}^j - y_{pred}^j)^2}{\sum_{j=1}^k (y_{true}^j - y_{mean})^2}$$

где $y_{mean} = \left(\frac{1}{k}\right) * \sum_{j=1}^k y_{true}^j$ – среднее значение истинных ответов на тестовой выборке.

R^2 показывает, какую долю дисперсии истинных значений объясняет модель.

Вычислительный эксперимент

Для проведения сравнительного анализа были выбраны три набора данных с платформы Kaggle, относящиеся к различным предметным областям:

1. Insurance [1]: Прогнозирование годовых медицинских расходов (charges). После обработки 8 признаков
2. Car Price Prediction [2]: Прогнозирование цены автомобиля (price). После обработки 63 признака.
3. Student Performance [3]: Прогнозирование индекса успеваемости студентов (Performance Index). После обработки 5 признаков.

Ко всем наборам данных была применена единая последовательность шагов предобработки для обеспечения согласованности эксперимента. Первоначально данные загружались из CSV-файлов, после чего проводилась базовая очистка, специфичная для конкретного датасета (например, удаление столбца car_ID и преобразование CarName в признак brand для 'Car Price').

Далее выполнялась проверка на наличие пропущенных значений; в использованных наборах данных пропуски отсутствовали. Признаки автоматически разделялись на числовые и категориальные (тип 'object').

Для визуальной оценки распределений и поиска потенциальных аномалий строились гистограммы числовых признаков с использованием seaborn.histplot. Анализ гистограмм показал отсутствие явных ошибок в данных (например, отрицательных значений там, где их быть не должно). Было отмечено, что некоторые ненормальные распределения, как бимодальное для compressionratio в данных 'Car Price', объясняются спецификой предметной области (наличие бензиновых и дизельных двигателей) и не являются аномалиями, требующими исправления. Пример таких гистограмм для датасета 'Car Price' представлен на рисунке 1.

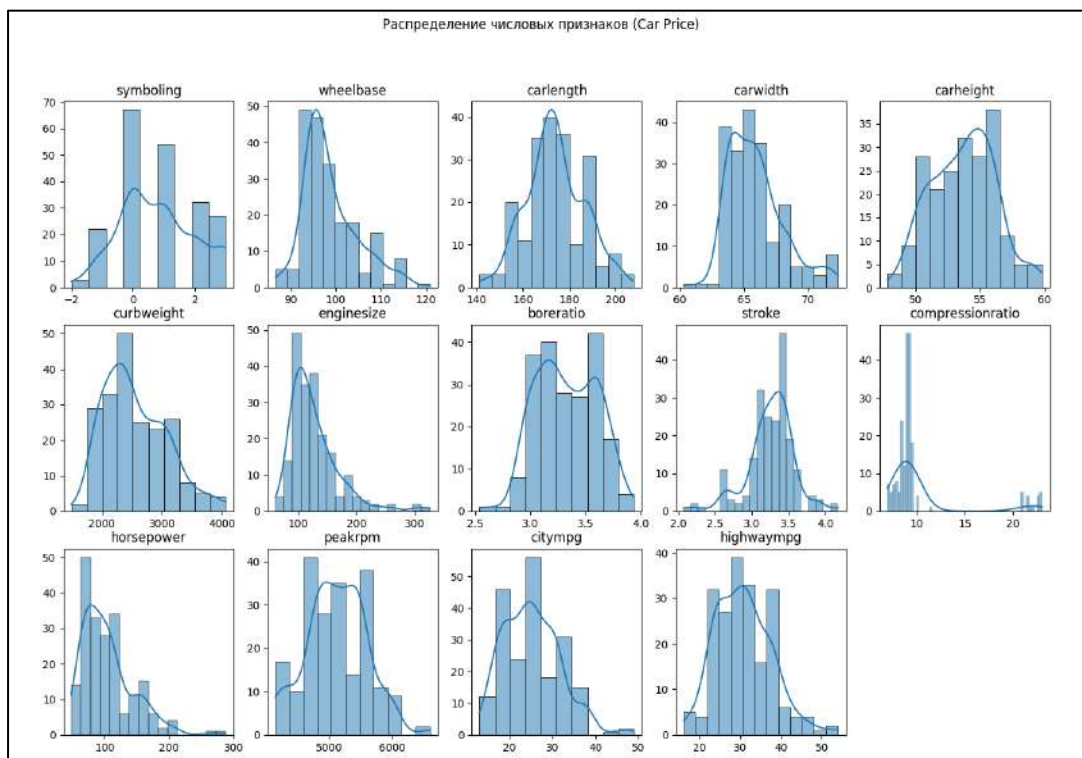


Рисунок 1 – Гистограммы распределения числовых признаков для датасета 'Car Price'

На следующем этапе проводились преобразования признаков. Категориальные признаки кодировались с помощью OneHotEncoder (sklearn.preprocessing), используя параметры drop='first' и handle_unknown='ignore'. Числовые признаки масштабировались с

помощью StandardScaler для приведения их к нулевому среднему и единичной дисперсии. Обучение StandardScaler производилось только на обучающей выборке, а преобразование применялось к обеим выборкам (обучающей и тестовой).

На заключительном этапе предобработки подготовленные данные для каждого датасета разделялись на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки с помощью функции `train_test_split` (`sklearn.model_selection`) с параметром `random_state=42` для воспроизводимости.

Эксперимент заключался в обучении и оценке двух моделей линейной регрессии на каждом из трех подготовленных наборов данных:

1. **Пользовательская модель:** реализация с обучением методом градиентного спуска (функции `fit` и `predict`). Использовались фиксированные гиперпараметры: скорость обучения `learning_rate = 0.01`, количество итераций `n_iterations = 1000`.

2. **Модель sklearn:** стандартная реализация `LinearRegression` из библиотеки `sklearn.linear_model` с параметрами по умолчанию.

Оценка производительности моделей проводилась на тестовой выборке с использованием метрик $RMSE$, MAE и R^2 . Также измерялось время, затраченное на обучение каждой модели. Эксперимент проводился с использованием языка Python и библиотек NumPy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib, Seaborn.

Результаты оценки производительности пользовательской модели (Custom GD) и модели sklearn на тестовых выборках для трех датасетов, а также время обучения и количество признаков после предобработки, сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения моделей линейной регрессии на тестовых выборках

Набор данных	Обработанные признаки	RMSE кастом	RMSE skl	MAE кастом	MAE skl	R2 кастом	R2 skl	Время кастом (s)	Время skl (s)
Insurance	8	5867.34	5796.28	4298.15	4181.19	0.7783	0.7836	0.043	0.001
Car Price	63	3285.19	2669.93	2420.36	1763.57	0.8633	0.9097	0.035	0.003
Student Performance	5	2.03	2.02	1.62	1.61	0.9888	0.9890	0.066	0.001

Как видно из таблицы 1, обе модели продемонстрировали способность к обучению на всех трех наборах данных. Для датасетов 'Insurance' и 'Student Performance' метрики качества ($RMSE$, MAE , R^2) пользовательской реализации очень близки к показателям модели sklearn. На датасете 'Car Price', имеющем значительно большее количество признаков после кодирования, наблюдается более заметное преимущество библиотечной реализации по всем метрикам качества. Во всех случаях время обучения пользовательской модели, использующей итеративный градиентный спуск, существенно превышает время обучения модели sklearn, которая, вероятно, использует аналитическое решение.

Для дальнейшей визуальной оценки качества предсказаний были построены диаграммы рассеяния, сопоставляющие истинные значения целевой переменной с предсказанными значениями для каждой модели и каждого датасета (рисунки 2-4). На диаграммах также показана идеальная линия $y=x$.

На графиках видно, что для датасетов 'Insurance' и 'Student Performance' точки для обеих моделей плотно группируются вокруг идеальной диагонали, что подтверждает высокие значения R^2 , полученные в таблице 1. Для датасета 'Car Price' точки также демонстрируют сильную линейную тенденцию, однако наблюдается больший разброс, особенно для пользовательской модели, что согласуется с более низким значением R^2 по сравнению с моделью sklearn для этого набора данных.

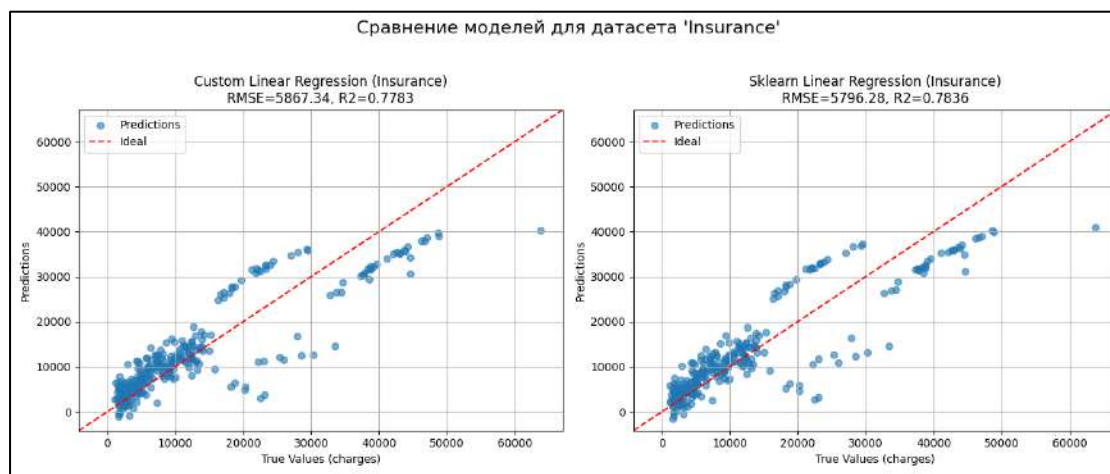


Рисунок 2 – Графики сравнения истинных и предсказанных значений для датасета 'Insurance' (слева – Custom GD, справа – Sklearn)

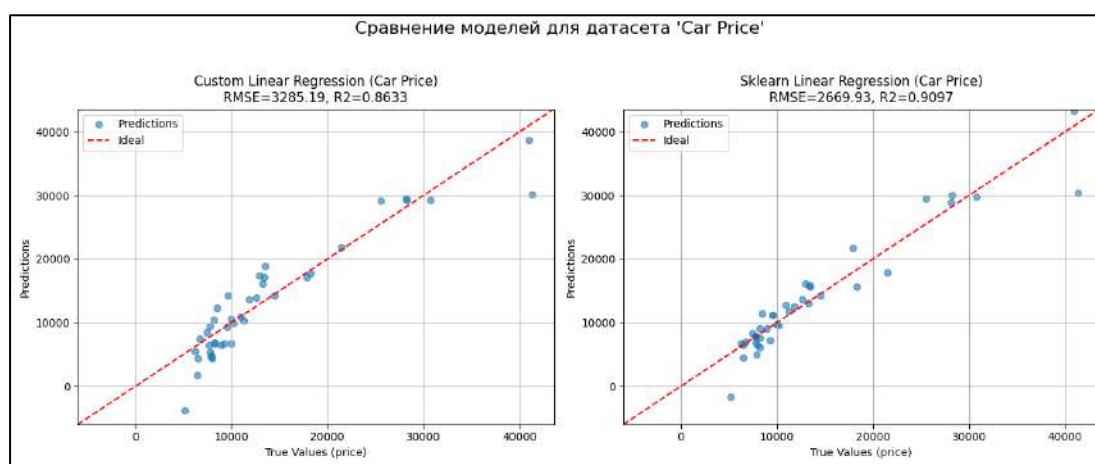


Рисунок 3 – Графики сравнения истинных и предсказанных значений для датасета 'Car Price' (слева – Custom GD, справа – Sklearn)

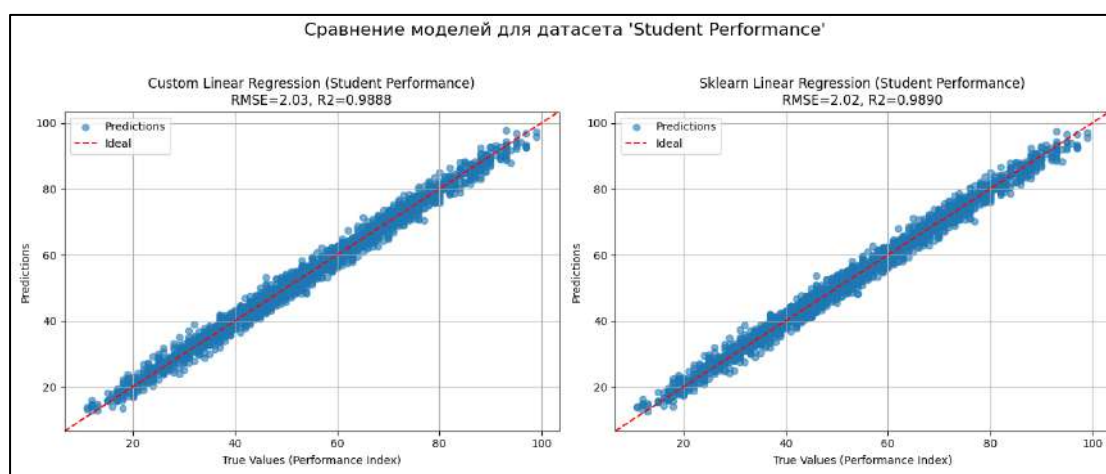


Рисунок 4 – Графики сравнения истинных и предсказанных значений для датасета 'Student Performance' (слева – Custom GD, справа – Sklearn)

Заключение

В работе сравнили пользовательскую реализацию линейной регрессии (метод градиентного спуска) со стандартной реализацией из библиотеки Scikit-learn на трех наборах данных. В результате проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы.

Пользовательская реализация продемонстрировала корректную работу, достигнув на относительно простых датасетах ('Insurance', 'Student Performance') качества, близкого к библиотечной реализации.

На более сложном датасете ('Car Price') библиотечная реализация sklearn показала заметно лучшие метрики качества, что может быть связано с использованием более точного аналитического решения и/или недостаточной настройкой гиперпараметров градиентного спуска в пользовательской модели.

Реализация sklearn значительно быстрее по времени обучения на всех датасетах.

Эксперимент подтвердил важность этапа предобработки данных (кодирование, масштабирование) для корректной работы моделей.

Самостоятельная реализация алгоритмов полезна для понимания их работы, но для практического применения стандартные библиотеки, как Scikit-learn, предоставляют более быстрые, надежные и часто более точные решения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Insurance Dataset [Электронный ресурс] // Kaggle. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/mirichoi0218/insurance> (дата обращения: 12.04.2025).
2. Car Price Prediction Dataset [Электронный ресурс] // Kaggle. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/hellbuoy/car-price-prediction> (дата обращения: 12.04.2025).
3. Student Performance Dataset [Электронный ресурс] // Kaggle. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/nikhil7280/student-performance-multiple-linear-regression> (дата обращения: 12.04.2025).
4. Pedregosa, F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825-2830.
5. NumPy [Электронный ресурс] // The NumPy Developers. – Режим доступа: <https://numpy.org/> (дата обращения: 11.04.2025).
6. Pandas [Электронный ресурс] // The Pandas Development Team. – Режим доступа: <https://pandas.pydata.org/> (дата обращения: 11.04.2025).
7. Hunter, J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment // Computing in Science & Engineering. – 2007. – Vol. 9, No. 3. – P. 90-95.
8. Waskom, M. L. Seaborn: statistical data visualization // Journal of Open Source Software. – 2021. – Vol. 6, No. 60. – P. 3021.

Фролов Артем Алексеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем

E-mail: artemfrolov04@gmail.com

УДК 004

*Научный руководитель:
Удовенко Ирина Васильевна,
доцент кафедры информационных и
робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

К.В. ХАРЬКОВСКИЙ
K.V. KHARKOVSKY

РАЗРАБОТКА ERP-СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УЧЁТА РЕСУРСОВ НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

DEVELOPMENT OF AN ERP SYSTEM FOR CENTRALIZED ACCOUNTING OF RESOURCES OF NON-PRODUCTION

В данной статье автор освещает проблему автоматизации учёта ресурсов в непроизводственных подразделениях крупных предприятий с использованием ERP-систем. Приведены преимущества внедрения ERP-системы, рассмотрены применяемые технологии и методы разработки, а также полученные результаты внедрения.

Ключевые слова: ERP-система; централизованный учёт; автоматизация.

In given article author discusses the problem of automation of resource accounting in non-production divisions of large enterprises using ERP systems. The advantages of implementing the ERP system are given, applied technologies and development methods are considered, as well as the results of the implementation.

Keywords: ERP system; centralized accounting; automation.

В современном мире цифровизация становится важнейшим фактором повышения эффективности управления предприятиями, особенно в масштабных структурах. Однако автоматизация зачастую охватывает лишь производственные процессы, в то время как непроизводственные подразделения (службы снабжения, хозяйственные отделы и т.п.) продолжают вести учёт ресурсов вручную или с использованием разрозненных таблиц и устаревших решений. Это создаёт риски потери данных, ошибок при инвентаризации и затрудняет контроль за материально-техническим обеспечением [2].

В рамках данной работы была рассмотрена задача внедрения ERP-системы для ведения централизованного учёта ресурсов непроизводственных подразделений, которая позволит автоматизировать процессы учёта, упорядочить движение имущества, упростить инвентаризацию и повысить прозрачность использования ресурсов [4].

Функциональные возможности разработанной системы включают:

- учёт оборудования, мебели, канцелярии и других материальных ресурсов;
- распределение ресурсов по подразделениям и ответственным лицам;
- хранение истории движения имущества;
- возможность экспорта отчётности в формате Excel [3].

Для проектирования системы были использованы методы структурного анализа и объектно-ориентированного проектирования. В качестве технологической основы были применены языки программирования PHP и JavaScript, а также СУБД MySQL. Интерфейс реализован в веб-формате с возможностью доступа с локальной сети предприятия, что обеспечивает удобство и масштабируемость решения [1].

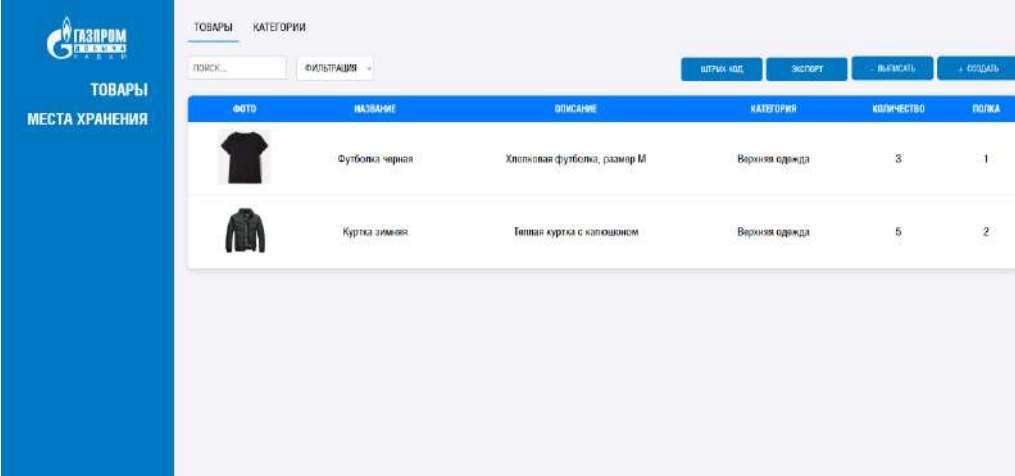


ФОТО	НАЗВАНИЕ	ОПИСАНИЕ	КАТЕГОРИЯ	КОЛИЧЕСТВО	ПОЛКА
	Футболка черная	Хлопковая футболка, размер М	Верхняя одежда	3	1
	Куртка зимняя	Теплая куртка с капюшоном	Верхняя одежда	5	2

Рисунок 1 – Интерфейс страницы учёта товаров

На рисунке 1 представлен внешний вид веб-интерфейса ERP-системы, используемой для централизованного учёта ресурсов непроизводственных подразделений. Интерфейс разработан с акцентом на простоту и доступность, что позволяет сотрудникам быстро освоить систему без прохождения дополнительного обучения.

В центральной части интерфейса отображается таблица с основными сведениями о ресурсах: изображение объекта, его наименование, описание, категория, количество на складе и номер полки хранения. Такая визуализация обеспечивает быстрый доступ к необходимой информации и способствует повышению эффективности учётных процессов.

Выше расположены элементы управления: поле поиска, фильтр по категориям, кнопки добавления и редактирования ресурсов, а также возможность генерации штрих-кодов и экспорта отчётов в формате Excel. Эти функции делают работу с системой более гибкой и удобной, особенно при взаимодействии с большим объёмом данных.

Особое внимание в системе уделено поддержке работы с пистолетом-сканером штрих-кодов. Это устройство позволяет оперативно считывать информацию с наклеенных штрих-кодов на имуществе и мгновенно находить соответствующую позицию в базе данных. Данный подход значительно ускоряет инвентаризацию, снижает вероятность ошибок и повышает точность учёта.

Вся система работает в рамках локальной сети предприятия, что гарантирует стабильный доступ и безопасность хранения данных. Кроме того, веб-интерфейс легко масштабируется и может быть адаптирован под нужды конкретного подразделения, при необходимости дополняясь новыми модулями и функциями.

Одной из ключевых особенностей системы является модуль разграничения прав доступа, обеспечивающий безопасность работы и ограничение функций для разных категорий пользователей. Например, сотрудники хозяйственного отдела могут добавлять и редактировать данные, в то время как представители других подразделений имеют доступ только к просмотру.

Стоит отметить, что на крупных предприятиях уже используются готовые программные решения, такие как 1С:Предприятие и Bitrix24. Однако для небольших служб и отделов такие системы избыточны по функционалу и затратны в обслуживании. Разработка и внедрение собственной облегчённой ERP-системы позволила закрыть текущие потребности без лишних расходов, при этом учитывая особенности организационной структуры предприятия [5].

После тестового внедрения система была доработана и адаптирована с учётом полученных замечаний и пожеланий пользователей. В результате удалось повысить точность учёта имущества на 37%, сократить время на формирование отчётных документов вдвое, а также обеспечить постоянную доступность информации о текущем состоянии ресурсов.

Таким образом, внедрение ERP-системы на базе собственных программных решений является эффективным подходом к автоматизации учёта ресурсов в непроизводственных подразделениях. Предложенное решение может быть масштабировано и на другие структурные единицы компании, обеспечивая единый стандарт и прозрачность управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елисеев А.А. Информационные системы управления предприятием: ERP, CRM, SCM, SRM. – М.: Финансы и статистика, 2020. — 312 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2014. Системная и программная инженерия. Требования к качеству и оценка систем и программных средств (SQuaRE).
3. Грачёв А.В. Информационные технологии в управлении предприятием. – М.: Инфра-М, 2019. – 264 с.
4. Лукин А.В. Разработка и внедрение корпоративных информационных систем. – СПб.: Питер, 2021. – 256 с.
5. Хатунцев В.Н. Практика внедрения информационных систем на предприятиях. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 198 с.

Харьковский Кирилл Валерьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

Email: kharkovskyk@yandex.ru

УДК 378

*Научный руководитель:
Лазарев Сергей Александрович,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

А.Н. ЧЕРНИКОВ
A.N. CHERNIKOV

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ АБИТУРИЕНТОВ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В УНИВЕРСИТЕТ

FORMATION OF THE STRUCTURE OF THE RATING ASSESSMENT OF APPLICANTS UPON ADMISSION TO THE UNIVERSITY

В данной статье авторы освещают проблемы, связанные с формированием рейтинговой оценки при поступлении в университет. Рейтинг довузовских достижений абитуриента может стать полезным дополнением к ЕГЭ, позволяя выбирать лучших кандидатов по установленным критериям. Введение такого рейтинга даст приемной комиссии гибкий инструмент для отбора абитуриентов с хорошей учебной и научной базой, активной позицией и широким кругозором, что повысит шансы на успешное освоение программ высшего образования.

Ключевые слова: система рейтингования, поступление в университет, рейтинг абитуриентов, критерии для поступления в ВУЗ.

In given article authors shine a problem the authors highlight the problems associated with the formation of a rating assessment for admission to the university. The rating of an applicant's pre-university achievements can be a useful addition to the Unified State Exam, allowing you to select the best candidates according to established criteria. The introduction of such a rating will give the admissions committee a flexible tool for selecting applicants with a good academic and scientific base, an active position and a broad outlook, which will increase the chances of successful completion of higher education programs.

Keywords: rating system, admission to the university, the rating of applicants, criteria for admission to the university.

Вузы стремятся привлечь абитуриентов, способных успешно освоить программу и стать профессионалами в выбранной области. Многие специальности требуют специфических знаний и склонностей, что обуславливает использование специализированных инструментов отбора, например, экзамена по рисунку для архитектуры. Тем не менее, универсальной системы, подходящей для всех направлений без существенных модификаций, еще не создано. Для разработки такой системы важно проанализировать существующие подходы к отбору абитуриентов, учитывая как отечественный, так и зарубежный опыт [2].

Все инструменты отбора абитуриентов делятся на часто и редко используемые. Они дают лишь частичное представление о готовности абитуриента к обучению. Тестирование оценивает знания, но не креативность, рекомендации не отображают реальные навыки. Комбинирование подходов могло бы быть эффективнее, но из-за сжатых сроков приёма применяется редко. Степень селективности образовательной системы зависит от жесткости критериев отбора и вступительных испытаний, направленных на то, чтобы отделить абитуриентов, которые могут получать высшее образование, от абитуриентов, которые не имеют достаточных компетенций для обучения в университете. Расчет рейтинговой оценки абитуриента базируется на множестве локальных критериев, характеризующих довузовские достижения. Каждому критерию присваивается весовой коэффициент, соответствующий его значимости [1]. Критерии охватывают результаты олимпиад, репетиции ЕГЭ, ЕГЭ по непрофильным предметам, средний балл аттестата, наличие медалей, обучение на подготовительных курсах, участие в конференциях, научных

школах, творческих и спортивных мероприятиях, публикации научных работ, патенты, свидетельства на ПО и базы данных, награды, спортивную квалификацию и трудовую династию [2]. Рейтинг строится на довузовских достижениях абитуриента, таких как участие в учебных, научных, творческих и спортивных событиях. Эксперты создают нормативные модели, устанавливающие максимальный балл за каждое мероприятие. Максимум по рейтингу – 100 баллов.

На первом этапе формирования структуры рейтинга был составлен список довузовских мероприятий, охватывающий важные для вуза достижения. Затем экспертная комиссия определила значимость каждого мероприятия и распределение их по группам с разным весом в рейтинге. Например, для технического вуза участие в научно-практической конференции важнее, чем в творческой выставке, тогда как для гуманитарного вуза приоритеты противоположны.

В экспертную комиссию вошли директора институтов, заведующие кафедрами, учёные секретари и представители приёмной комиссии НИУ «БелГУ». В ходе обсуждения предложили классифицировать мероприятия по четырём категориям: учебная, научная, творческая и спортивная подготовка. Учитывая незначительный вес творческой и спортивной составляющих (всего десятая часть потенциала), их объединили в одну группу. В итоге сформировалась структура рейтинга из трёх основных категорий: учебная, научная и объединённая творческо-спортивная.

Эксперты выделили наибольший вес учебному потенциалу, затем научному, и, наконец, творческому и спортивному. Это обусловлено приоритетом в способности абитуриента осваивать программы высшего образования, его склонностью к научным исследованиям и творческому мышлению.

Группы получили следующие максимальные баллы:

- учебный потенциал – 55 баллов, как ключевой фактор успешного обучения;
- научный потенциал – 35 баллов, ведь вузы готовят будущих исследователей;
- творческий потенциал – 6 баллов;
- спортивный потенциал – 4 балла.

Каждое мероприятие внутри группы оценивалось экспертами в соответствии с его значимостью.

Данная структура распределения баллов послужит фундаментом для создания различных методов расчета рейтинговой оценки абитуриентов. Возможны изменения по предложениям экспертов, приемной комиссии либо в случае обновления требований к поступающим и выпускникам. Локальные критерии фиксируются до старта учебного года, а их добавление или исключение требует обоснования и утверждения экспертной комиссией.

Разработка интеллектуальной системы для рейтингования абитуриентов требует учета множества критериев. Ее основа – взвешенные показатели, позволяющие объективно оценивать кандидатов.

На основании заключения экспертов было выявлено, что ключевыми показателями, по которым оценивается каждый абитуриент являются:

- средние баллы ЕГЭ (по профильным предметам);
- участие в олимпиадах и конкурсах;
- наличие научных публикаций или проектов;
- рекомендации от преподавателей;
- дополнительные достижения (спортивные, культурные и др.).

Также были представлены веса на каждую из категорий. Далее необходимо для каждой категории присвоить значение переменной для дальнейших расчетов

- средний балл ЕГЭ – вес W_1
- результаты олимпиад – вес W_2
- научные публикации – вес W_3
- рекомендации – вес W_4

– дополнительные достижения – вес W_5

Веса должны удовлетворять условию нормировки:

$$\sum_{i=1}^n w_i$$

где, $w_i = 1$, n – количество критериев.

Далее необходима формула расчета рейтинга, обозначим через R

$$R = w_1 * x_1 + w_2 * x_2 + w_3 * x_3 + w_4 * x_4 + w_5 * x_5$$

где, x_i – оценка абитуриента по соответствующему критерию.

Чтобы корректно сопоставлять разные виды достижений, нужно унифицировать их оценки. После экспертной оценки выявлено, что баллы ЕГЭ находятся в диапазоне от 0 до 100, олимпиады – от 0 до 10, публикации – от 0 до 5, рекомендации – от 0 до 20, а дополнительные заслуги – от 0 до 15, возможна такая формула приведения к общему масштабу, таким образом формула нормализации будет выглядеть следующим образом:

$$y_i = \frac{x_i - \min(x_1)}{\max(x_i) - \min(x_i)} * 100$$

где, y_i – нормализованная оценка по i критерию.

После начальных расчетов и анализа результатов дополнительно были скорректированы веса, учитывая выявленные приоритеты и значимость критериев.

Далее рассмотрим пример расчета по приведенным формулам. У нас имеется таблица с тремя абитуриентами, которые имеют 5 критериев отбора для поступления в ВУЗ и баллы по ним, собственно.

Таблица 1 – Критерии отбора при поступлении в университет.

Критерий	Абитуриент 1	Абитуриент 2	Абитуриент 3
Средний балл ЕГЭ	90	85	95
Результаты олимпиад	8	7	9
Научные публикации	3	2	4
Рекомендации	18	15	20
Дополнительные достижения	12	10	14

На основе экспертной оценки веса равны следующим значениям:

$$w_1 = [0,35](0,35),$$

$$w_2 = [0,25](0,25)$$

$$w_3 = [0,15](0,15)$$

$$w_4 = [0,15](0,15)$$

$$w_5 = [0,10](0,10)$$

Тогда расчет рейтинга по абитуриенту 1 (R_1) выглядит следующим образом:

$$R_1 = [0,35](0,35) * 90 + [0,25](0,25) * 8 + [0,15](0,15) * 3 + [0,15](0,15) * 18 + [0,10](0,10) * 12$$

Рассчитаем каждую составляющую отдельно:

$$[0,35](0,35) * 90 = 0,1225 * 90 \approx 31,05$$

$$[0,25](0,25) * 8 = 0,0625 * 8 \approx 0,50$$

$$[0,15](0,15) * 3 = 0,0225 * 3 \approx 0,07$$

$$[0,15](0,15) * 18 = 0,0225 * 18 \approx 0,41$$

$$[0,10](0,10)*12=0,01*12=0,12[0,10](0,10)*12=0,01*12=0,12$$

Теперь сложим полученные значения:

$$31,05+0,50+0,07+0,41+0,12\approx 32,15 \quad 31,05+0,50+0,07+0,41+0,12\approx 32,15$$

Аналогично рассчитываются рейтинги и других абитуриентов (R_2).

$$[0,35](0,35)*85=0,1225*85\approx 29,56 \quad [0,35](0,35)*85=0,1225*85\approx 29,56$$

$$[0,25](0,25)*7=0,0625*7\approx 0,44 \quad [0,25](0,25)*7=0,0625*7\approx 0,44$$

$$[0,15](0,15)*2=0,0225*2\approx 0,045 \quad [0,15](0,15)*2=0,0225*2\approx 0,045$$

$$[0,15](0,15)*15=0,0225*15\approx 0,34 \quad [0,15](0,15)*15=0,0225*15\approx 0,34$$

$$[0,10](0,10)*10=0,01*10=0,1 \quad [0,10](0,10)*10=0,01*10=0,1$$

$$29,56+0,44+0,045+0,34+0,1\approx 30,485$$

Аналогично рассчитываются рейтинги и других абитуриентов (R_3).

$$[0,35](0,35)*95=0,1225*95\approx 11,62 \quad [0,35](0,35)*95=0,1225*95\approx 11,62$$

$$[0,25](0,25)*9=0,0625*9\approx 0,57 \quad [0,25](0,25)*9=0,0625*9\approx 0,57$$

$$[0,15](0,15)*4=0,0225*4\approx 0,09 \quad [0,15](0,15)*4=0,0225*4\approx 0,09$$

$$[0,15](0,15)*20=0,0225*20\approx 0,45 \quad [0,15](0,15)*20=0,0225*20\approx 0,45$$

$$[0,10](0,10)*14=0,01*14=0,14 \quad [0,10](0,10)*14=0,01*14=0,14$$

$$11,62+0,57+0,09+0,45+0,14\approx 12,87$$

Исходя из этого мы видим, что $R_1=32,15$, $R_2=30,49$, $R_3=12,87$

Таким образом лучшим студентом для университета будет абитуриент R_1 . Активность абитуриента до поступления в университет проявляется в различных мероприятиях, демонстрирующих его познавательные, исследовательские, творческие и спортивные способности. Олимпиады, конкурсы, конференции и соревнования играют важную роль, помогая вузам оценивать потенциал поступающих и способствовать их дальнейшему развитию в научной, творческой и спортивной сферах. Интеллектуальные системы рейтингования создают прозрачную и объективную систему отбора абитуриентов, снижая влияние субъективных мнений. Вузы могут таким образом выбирать лучших студентов, оценивая их академические достижения, внеклассные активности и рекомендации. Благодаря данным расчетам, можно разработать систему рейтингования для поступления в университет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 06.02.2020) «Об образовании в Российской Федерации», Приказ Министерства образования и науки РФ от 5 декабря 2014 г. № 1547 «Об утверждении показателей, характеризующих общие критерии оценки качества образовательной деятельности организаций, осуществляющих образовательную деятельность».

2. Панюшкина, Е. В. Взгляд на проблему формирования моделей совершенного качества в сфере российского профессионального образования / Е. В. Панюшкина // Наука и общество: проблемы современных исследований : Сборник статей в 2 частях, Омск, 19 мая 2022 года. Том Часть 1. – Омск: Омская гуманитарная академия, 2022. – С. 76-80. – EDN WNXDML.

Черников Андрей Николаевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

Email: 1391664@bsuedu.ru

УДК 004.42, 004.93

*Научный руководитель:
Михелев Владимир Михайлович,
доцент кафедры математики
и программного обеспечения информационных систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Е.М. ЧЕРНЫХ, Д.С. БАТИЩЕВ
E.M. CHERNYKH, D.S. BATISHCHEV

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ИНТЕРПРЕТИРУЕМОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ПРАВИЛ

ARCHITECTURE OF A SOFTWARE COMPLEX FOR INTERPRETABLE LEUKOCYTE CLASSIFICATION BASED ON EXPERT RULES

Рассматривается архитектура программного комплекса, реализующего задачу интерпретируемой классификации лейкоцитов на основе экспертных правил и семантически осмысленных признаков, извлекаемых из микроскопических изображений клеток крови. Система ориентирована на автоматизированную обработку медицинских снимков, визуализацию вывода модели и взаимодействие с экспертом для верификации результатов. Представлена модульная структура комплекса, обеспечивающая расширяемость, устойчивость и поддержку накопления экспертных правок для последующего анализа и уточнения модели.

Ключевые слова: обработка медицинских изображений, программный комплекс, классификация лейкоцитов, интерпретируемость, экспертные правила, архитектура системы.

The paper presents the architecture of a software complex designed for interpretable leukocyte classification based on expert rules and semantically meaningful features extracted from microscopic images of blood cells. The system enables automated data processing, model decision visualization, and expert interaction for result verification. A modular architecture is proposed to ensure extensibility, robustness, and support for expert corrections accumulation for further analysis and model refinement.

Keywords: medical image processing, software complex, leukocyte classification, interpretability, expert rules, system architecture.

Автоматизация процессов анализа медицинских изображений, в частности классификации лейкоцитов на изображениях мазков крови, представляет собой одно из приоритетных направлений развития биомедицинских информационных систем, поскольку морфологическая классификация лейкоцитов является важным элементом лабораторной диагностики и существенно влияет на постановку клинических диагнозов. Требования, предъявляемые к подобного рода системам, включают не только обеспечение высокой точности классификации, но и возможность объяснения принятых решений в терминах признаков, поддающихся экспертной интерпретации, что является обязательным условием клинической верификации и последующего использования результатов в медицинской практике [1].

На сегодняшний день основным классом методов автоматической классификации лейкоцитов являются методы машинного обучения, в частности глубокого обучения. Несмотря на высокую точность, такие методы обладают ограниченной интерпретируемостью, что затрудняет их применение в задачах, требующих обоснованного объяснения результатов [2]. В клинических сценариях, связанных с морфологической диагностикой заболеваний, интерпретируемость является критически важным требованием. Это определяет актуальность проектирования систем, сочетающих численную обработку данных с формализованными экспертными знаниями.

Целью настоящей работы является проектирование архитектуры программного комплекса интерпретируемой классификации лейкоцитов на основе экспертных правил.

Комплекс предусматривает модульную структуру обработки данных, поддержку накопления корректировок, итерационное улучшение модели классификации, фиксацию логики обработки на всех этапах и разграничение пользовательских функций, что направлено на повышение надежности, воспроизводимости и клинической применимости классификационных выводов.

Формализация требований к программному комплексу основана на особенностях клинического применения: обеспечение интерпретируемости результатов, модульности и масштабируемости архитектуры, участие эксперта с возможностью корректировки результатов, устойчивости и воспроизводимости обработки данных. Интерпретируемость предполагает воспроизведение логики классификации через совокупность признаков, доступных экспертной оценке. Модульная архитектура обеспечивает разделение этапов обработки – от загрузки изображений до классификации и верификации, что упрощает масштабирование системы. Механизм накопления экспертных правок позволяет формировать базу ошибок для итеративной оптимизации правил. Устойчивость достигается через фиксацию промежуточных результатов и соблюдение процедур обработки.

В рамках комплекса предусмотрено разграничение пользовательских функций в соответствии с ролевой моделью:

- Пользователь-лаборант осуществляет загрузку изображений, просмотр результатов классификации, ознакомление с логикой вывода и пометку спорных или ошибочных случаев.
- Пользователь-эксперт, кроме уже указанных функций, имеет доступ к редактированию структуры экспертных правил и анализу накопленной базы ошибок для итеративной корректировки экспертных правил классификации.

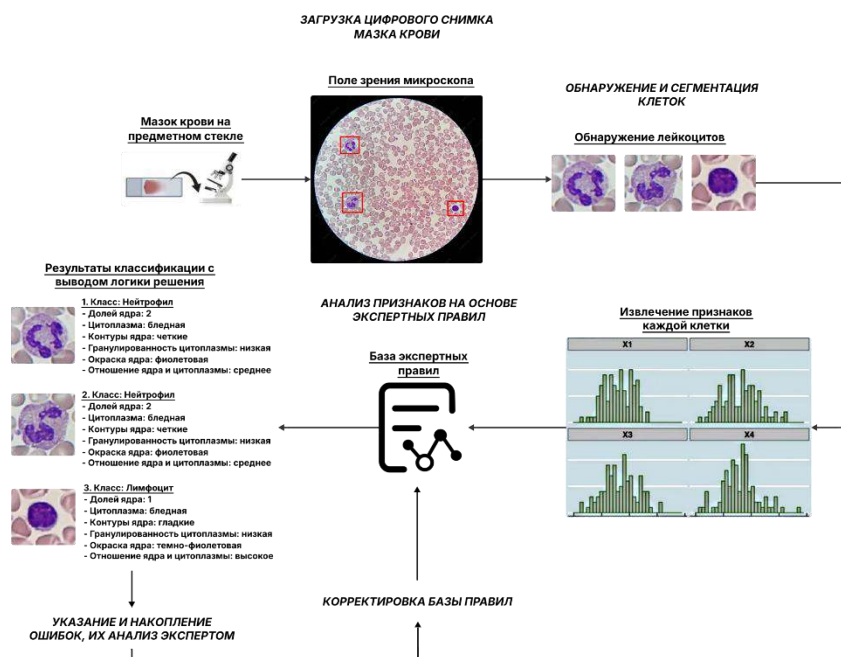


Рисунок 1 – Схема функционирования программного комплекса

Общая схема функционирования комплекса (рисунок 1) включает этапы: загрузку изображений мазков крови, автоматизированное извлечение признаков обнаруженных лейкоцитов, их классификацию с использованием экспертных правил, визуализацию логики вывода, экспертную коррекцию результатов и накопление данных о выявленных ошибках. Такая организация обработки обеспечивает прозрачность работы системы, повышение доверия пользователей и формирование базы для дальнейшего развития комплекса.

Архитектура программного комплекса

Проектируемый программный комплекс реализует модульную архитектуру с четким разделением этапов обработки данных и взаимодействия пользователей с системой. Такая структура обеспечивает расширяемость, масштабируемость и возможность модификации комплекса при изменении требований и условий эксплуатации. В составе комплекса выделяются следующие функциональные компоненты:

- Клиентское приложение (Web-интерфейс) – обеспечивает взаимодействие пользователей-лаборантов и пользователей-экспертов с системой через браузер. Поддерживает загрузку изображений, просмотр результатов классификации, визуализацию логики вывода и оформление экспертных корректировок.
- API-сервер – реализует REST API для передачи запросов от клиентского приложения к серверным компонентам системы. Выполняет валидацию входных данных, маршрутизацию задач и управление взаимодействием с очередью обработки.
- Очередь задач – предназначена для асинхронной обработки ресурсоемких задач, таких как извлечение признаков и классификация изображений. Позволяет разгрузить серверную часть системы и обеспечивать высокую отзывчивость пользовательского интерфейса.
- Модуль извлечения признаков – осуществляет выделение клеток и вычисление морфологических, цветовых и текстурных характеристик;
- Модуль классификации – обеспечивает интерпретируемое принятие решений на основе набора экспертных правил без раскрытия структуры нечеткой байесовской сети.
- База данных – реализует централизованное хранение изображений, вычисленных признаков, результатов классификации, экспертных правок и действий пользователей, что обеспечивает устойчивость и воспроизводимость обработки данных.
- Viewer логики вывода – модуль, предоставляющий пользователю интерпретируемую визуализацию пути принятия классификационного решения системой на основе активированных признаков и примененных правил.
- Модуль экспертной верификации и коррекции – обеспечивает экспертный анализ спорных и ошибочных результатов классификации, позволяет вносить корректировки и обновлять базу правил на основе накопленных данных о верификациях.

Выбор модульной архитектуры с использованием асинхронной очереди задач и централизованного хранения данных позволяет обеспечить высокую устойчивость, производительность и расширяемость системы, а также выполнить требования к интерпретируемости и верифицируемости выводов в клиническом применении.

На рисунке 2 проиллюстрирована общая архитектурная схема программного комплекса: указаны основные связанные компоненты системы, обеспечивающие прозрачность обработки, воспроизводимость результатов и интерпретируемость классификационных решений.

Логика хранения данных

Для обеспечения надежной и воспроизводимой работы комплекса разработана реляционная структура базы данных, ориентированная на хранение признаков, результатов классификации, экспертных корректировок и действий пользователей. Исходя из предметной области, специфики решаемой задачи и предлагаемого подхода, можно выделить следующие связанные сущности:

- User – учетные записи пользователей (лаборант, эксперт)
- Analysis – записи о загруженных мазках крови
- Patient – информация о пациентах (с возможной привязкой к анализу)
- OriginalImage – оригинальные изображения мазков
- CropImage – выделенные фрагменты клеток
- FeaturesExtractionResult – численные признаки в формате JSON
- ClassificationResult – результаты автоматической классификации
- FBNSRule – база экспертных правил
- RuleHistory – история изменений правил

- Feedback – метки спорных и ошибочных классификаций
- ActionLog – журнал действий пользователей.
-

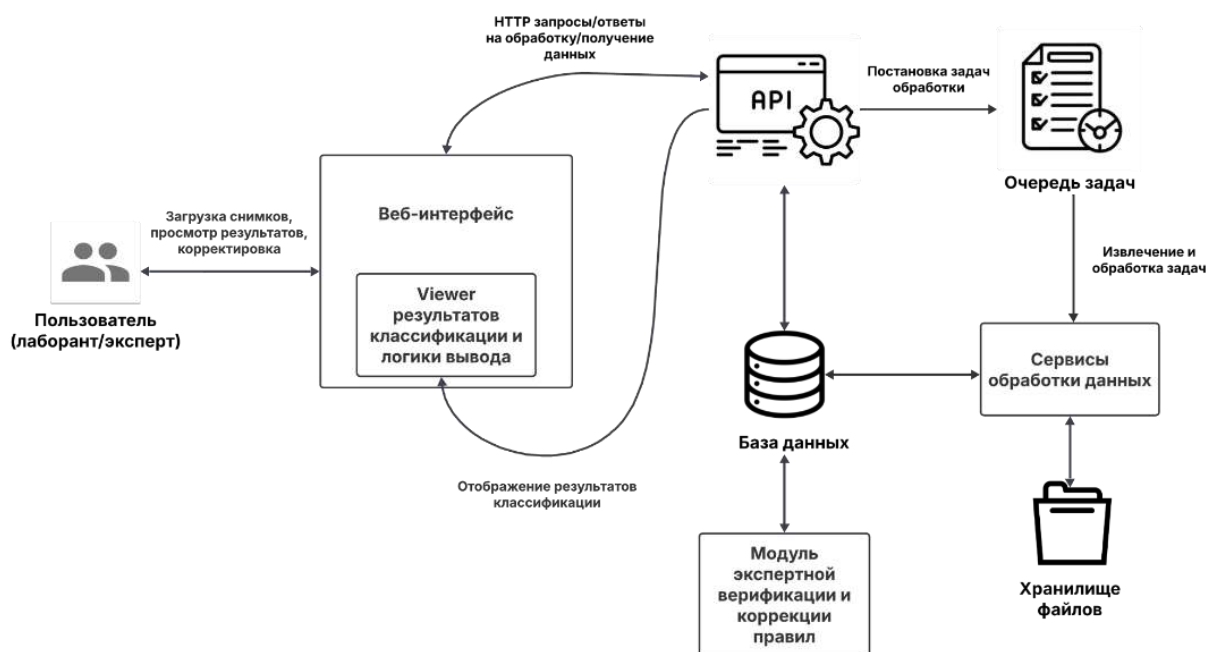


Рисунок 2 – Архитектура взаимодействия компонентов программного комплекса

Для хранения больших бинарных данных (оригинальных изображений и вырезанные области с клетками) используется внешнее объектное хранилище, интегрированное с комплексом. В базе данных хранятся только ссылки на соответствующие файлы, что позволяет избежать увеличения объема транзакционных данных и повысить эффективность обработки. Для хранения признаков применяется формат JSON, обеспечивающий гибкость и расширяемость структуры данных без необходимости модификации схемы базы. ER-модель базы данных отражена на рисунке 3.

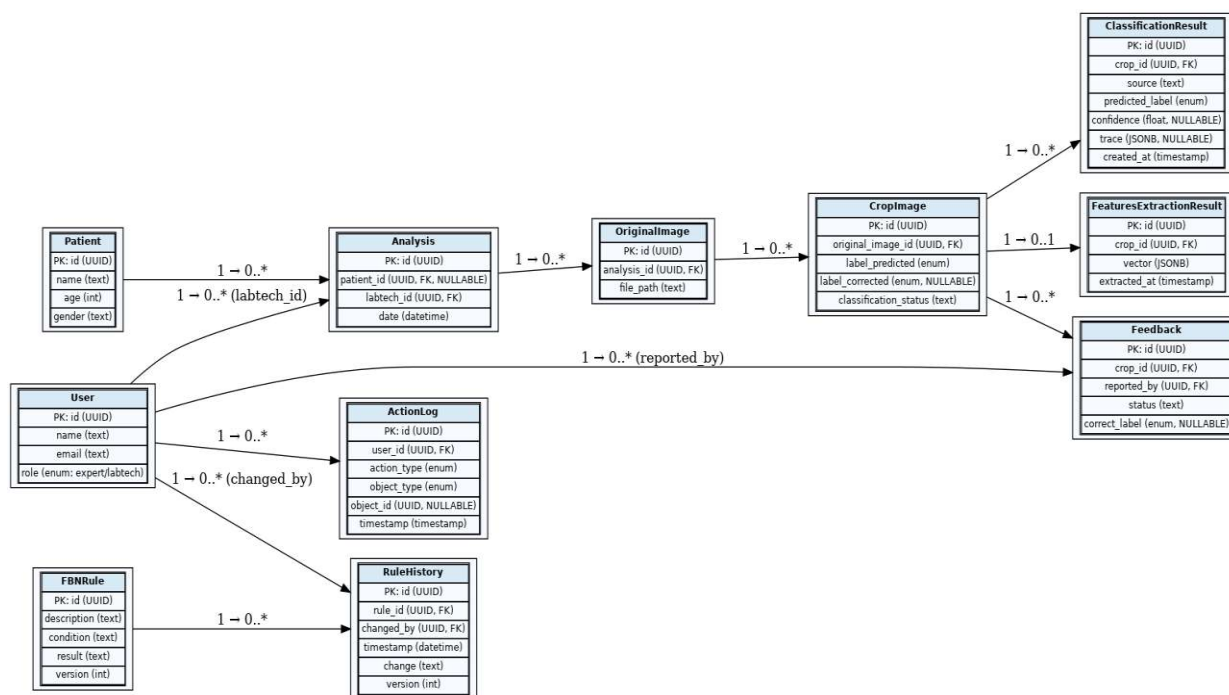


Рисунок 3 – Модель сущностей базы данных

В проектируемом программном комплексе взаимодействие между пользовательским интерфейсом и серверной частью организовано через REST API, ориентированный на масштабируемость, модульность и интегрируемость. Функциональная модель API поддерживает базовые операции: загрузку изображений мазков крови, получение результатов классификации, регистрацию обратной связи, управление экспертными правилами и аудит действий пользователей. Операции сгруппированы по функциональным областям для изоляции подсистем и упрощения расширения комплекса без модификации архитектуры. Разграничение прав реализуется согласно ролевой модели (лаборант, эксперт) с использованием токенов авторизации. Основные логические группы операций и типовые сценарии их применения приведены ниже:

- Загрузка данных: отправка изображений и создание записей анализов
- Классификация: получение результатов и логики принятия решений
- Верификация: регистрация ошибок для последующего анализа
- Управление правилами: просмотр, создание и редактирование экспертных правил
- Аудит: логирование действий пользователей для контроля качества.

Для реализации комплекса выбран стек технологий, обеспечивающий высокую производительность и масштабируемость системы. Серверная часть построена на Python-фреймворке FastAPI (Python) с использованием Celery и брокера сообщений Redis для асинхронной обработки задач [3, 4]. В качестве системы управления базами данных применяется PostgreSQL, поддерживающая транзакционную целостность и эффективную работу с JSON-данными [6]. Изображения мазков крови хранятся в объектном хранилище S3-совместимого типа (MinIO), что разгружает основную БД при работе с большими бинарными данными [5]. Извлечение признаков реализовано с использованием библиотек OpenCV и scikit-image. Пользовательский интерфейс разрабатывается на базе React, что обеспечивает высокую отзывчивость и эффективное управление состоянием приложений. Для обеспечения безопасности реализуется аутентификация через токены доступа и централизованное логирование действий.

В рамках выполненной работы спроектирована архитектура программного комплекса интерпретируемой классификации лейкоцитов на основе экспертных правил. Разработана модульная структура системы, обеспечивающая последовательную обработку данных: от загрузки изображений и извлечения признаков до формирования интерпретируемого вывода на основе правил и накопления экспертных корректировок. Проектируемый комплекс ориентирован на обеспечение прозрачности логики принятия решений, устойчивости классификационных результатов и их воспроизводимости в клинических условиях.

Перспективами дальнейшего развития комплекса являются расширение классификационных возможностей за счет добавления новых типов клеточных элементов, возможность интеграции дополнительных классификаторов, в том числе основанных на методах глубокого обучения, для повышения надежности принимаемых решений, развитие подсистемы контроля качества классификации на основе анализа накопленных экспертных верификаций, а также совершенствование пользовательского интерфейса для оптимизации процессов экспертной оценки и корректировки результатов. Дополнительным направлением совершенствования является адаптация программного комплекса к практическому применению в клиничко-диагностических лабораториях, включая интеграцию с лабораторными информационными системами и поддержку процедур контроля качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черных Е. М., Михелев В. М., Лобанов А. В. Решение задачи сегментации и классификации лейкоцитов на изображениях с использованием трансферного обучения и ансамбля сверточных нейронных сетей // Экономика. Информатика. – 2024. – Т. 51, № 4. – С. 873–886.

2. Chernykh E. M., Mikhelev V. M. A computer system for the leukocytes classification in medical images // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1715, No. 1. – P. 012007.
3. FastAPI: The modern, fast (high-performance) web framework for building APIs with Python 3.7+ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fastapi.tiangolo.com/> (дата обращения: 17.04.2025).
4. Celery: Distributed Task Queue [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.celeryq.dev/> (дата обращения: 17.04.2025).
5. MinIO: High Performance Object Storage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://min.io/> (дата обращения: 17.04.2025).
6. Рогов Е. В. PostgreSQL 16 изнутри. – М.: ДМК Пресс, 2024. – 664 с.

Черных Евгений Михайлович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
E-mail: jaddyroot@gmail.com

Батищев Дмитрий Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
E-mail: 1669220@bsuedu.ru

УДК 004.42

*Научный руководитель:
Нестерова Елена Викторовна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Н.В. ЧЕСНОВ
N.V. CHESNOV

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ
В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
В СФЕРЕ КРИМИНАЛИСТИКИ**

**DESIGNING A DATA VISUALIZATION MODULE IN INFORMATION
SYSTEMS IN THE FIELD OF FORENSIC SCIENCE**

В статье рассматриваются возможности модернизации модуля визуализации данных в автоматизированной информационной системе в сфере криминалистики. Основное внимание уделено внедрению современных технологий обработки и визуализации данных, что позволяет повысить эффективность аналитических процессов и улучшить взаимодействие пользователей с системой. В рамках исследования проведен обзор существующих решений, который выявил основные ограничения современных модулей визуализации, такие как низкая интерактивность и сложность адаптации к изменяющимся требованиям пользователей. Для устранения указанных проблем предложены подходы к модернизации, включающие использование высокопроизводительных библиотек визуализации, а также внедрение методов оптимизации интерфейса и применение интерактивных инструментов для анализа.

Ключевые слова: анализ данных, автоматизация, визуализация данных, АИС, пользовательский интерфейс, модернизация.

The article considers the possibilities of modernization of the data visualization module in the automated information system in the field of forensics. The main attention is paid to the introduction of modern technologies of data processing and visualization, which allows to increase the efficiency of analytical processes and improve user interaction with the system. Within the framework of the research the review of existing solutions was carried out, which revealed the main limitations of modern visualization modules, such as low interactivity and complexity of adaptation to changing user requirements. To eliminate these problems, modernization approaches are proposed, including the use of high-performance visualization libraries, as well as the introduction of interface optimization methods and the use of interactive tools for analysis.

Keywords: data analysis, automation, data visualization, AIS, user interface, modernization.

Визуализация данных – это процесс представления информации в графической или визуальной форме с использованием различных типов диаграмм, графиков, карт и других визуальных средств. Основной целью визуализации данных является упрощение восприятия больших объемов информации, выявление закономерностей и тенденций, а также облегчение принятия решений на основе данных [1, 2].

На данный момент графическое представление данных в информационной системе базируется на использовании Excel-таблиц и выводе записей об осмотре мест преступлений. Этот подход имеет свои преимущества, включая доступность и привычность для большинства пользователей, однако он имеет ряд существенных недостатков. Ограниченная интерактивность, сложность обновления данных, а также отсутствие автоматизации процессов делают данный способ крайне непрактичным. Например, в условиях увеличивающегося объема данных таблицы становятся громоздкими и медленными, а ручная работа по их обновлению приводит к ошибкам и задержкам. На рисунках 1 и 2 ниже представлены модели работы системы обработки как есть сейчас и как будет после введения системы в эксплуатацию.

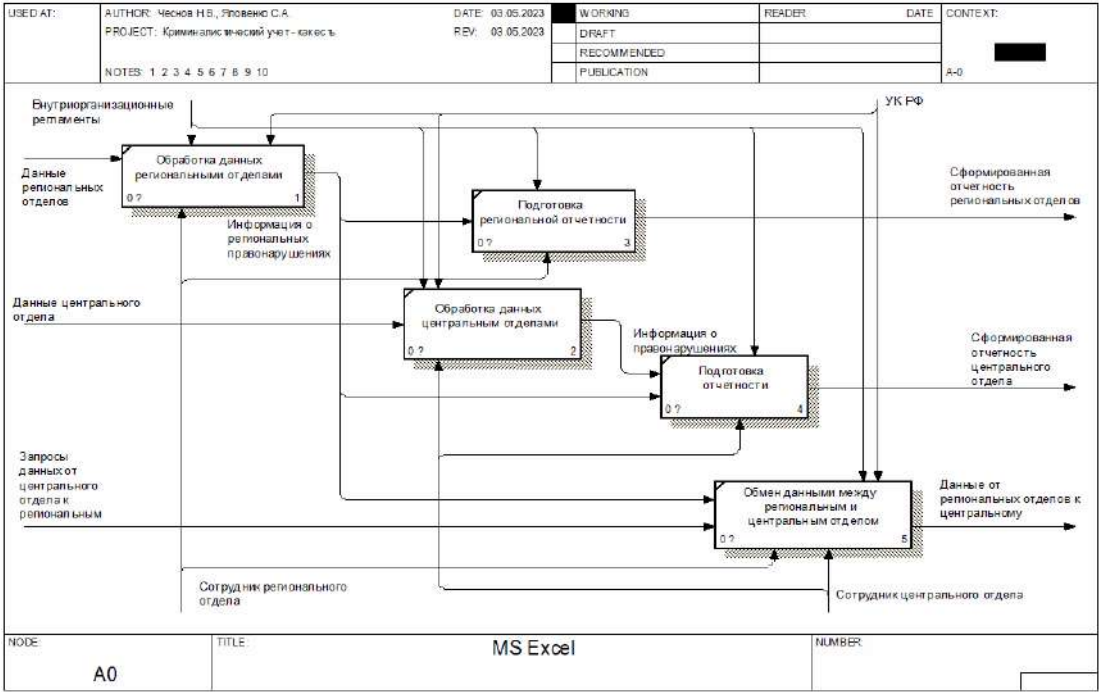


Рисунок 1 – Текущая система обработки данных

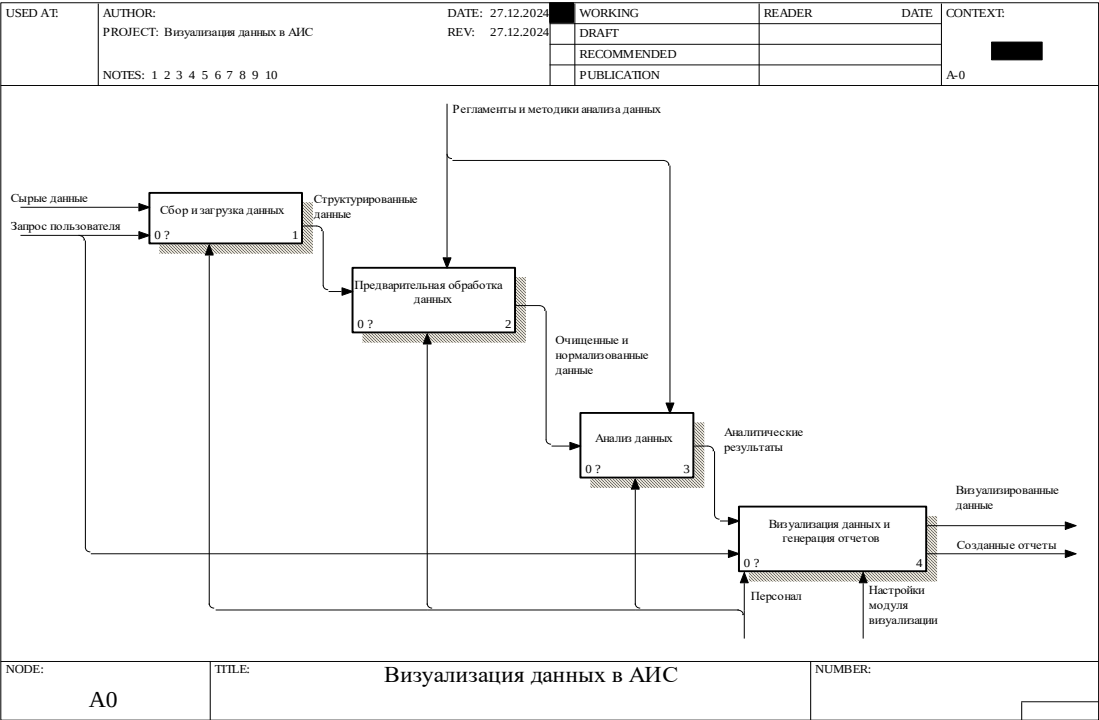


Рисунок 2 – Система обработки данных новой программы

Разработка прототипов модулей графического представления информации требует изучения и анализа существующих технологий и методов визуализации, а также определения требований и целей системы аналитики, где этот модуль будет применяться. Визуализация данных включает множество типов графиков и диаграмм, каждый из которых имеет свою сферу применений и являются наиболее эффективными в разных ситуациях [3-6].

Гистограмма – график, который отображает распределение данных по интервалам. Обычно их используют для визуализации распределений данных, например, для оценки частоты значений в различных диапазонах.

Круговая диаграмма отображает данные в виде сегментов круга, где каждый сегмент пропорционален величине определённой категории или части от целого. Используется для представления долей в общем объёме, например, распределение продаж по продуктам [7].

Тепловая карта – способ визуализации данных с использованием цветовых оттенков, чтобы показать интенсивность значений. Каждое значение в данных представлено цветом, что помогает выявить закономерности и аномалии. Используется для анализа корреляций между различными переменными.

Географическая визуализация использует карты для представления информации, связанной с географическими местоположениями, такими как распределение населения, экономическая активность, заболеваемость, природные ресурсы и т.д. Она позволяет пользователям увидеть, как различные показатели распределяются по территории, что помогает в принятии решений на основе пространственных данных.

На основе всех рассмотренных выше данных наиболее эффективными способами для визуализации данных в АИС Криминалистика являются линейные графики, круговые диаграммы и географическая визуализация. Помимо этого, для отчета о статистике преступлений будет добавлена возможность редактирования в реально времени пользователем вручную [8-10].

Существует несколько специализированных модулей и инструментов для визуализации данных в криминалистике, которые помогают следователям, экспертам и правозащитникам анализировать и представить информацию в более наглядном и понятном виде. Их краткий сравнительный анализ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ специализированных модулей и инструментов для визуализации данных

Система	Основные функции и применение	Достоинства	Недостатки
АДИС Папилон	Мультибиометрическая идентификация по отпечаткам пальцев, ладоней, изображениям лица и радужной оболочки глаз.	Высокая точность распознавания за счет использования всех трёх групп признаков. Нейросеть улучшает поиск в базах данных	Высокая стоимость. Требуется мощное оборудование и обучение персонала.
Maltego	Анализ и визуализация данных, используемых для исследования и отображения связей между объектами	Особенностями данной системы являются: возможности для сбора открытых данных, мощные инструменты для построения графов и анализа взаимосвязей	Высокая стоимость и сложность освоения
CityProtect	Используется для отображения и анализа данных на карте, позволяет следить за криминальной активностью в реальном времени	Доступно для всех видов лиц в любой момент времени	Не доступна на территории РФ
CrimeStat	Сайт, используемый для статистического анализа и визуализации пространственно-временных данных о преступлениях	Предоставляет набор инструментов для анализа географических и временных паттернов преступной активности	Размещение данных с приостановлено 01.01.2023. Портал работает в режиме опытной эксплуатации
IBM i2 Analyst's Notebook	Система для анализа социальных связей, событий и взаимосвязей в рамках расследования преступлений.	Эффективный инструмент для анализа сетей и событий, визуализация больших массивов данных.	Требуется время на обучение, дорогостоящее программное обеспечение.

После тщательного анализа всех вышеперечисленных реализаций самыми подходящими под текущие задачи являются CityProtect и CrimeStat. Примеры работы данных сайтов показаны на рисунках 3 и 4 ниже. На их основе будет спроектирована система, выполняющая схожий функционал, но исключительно на территории Белгородской области.

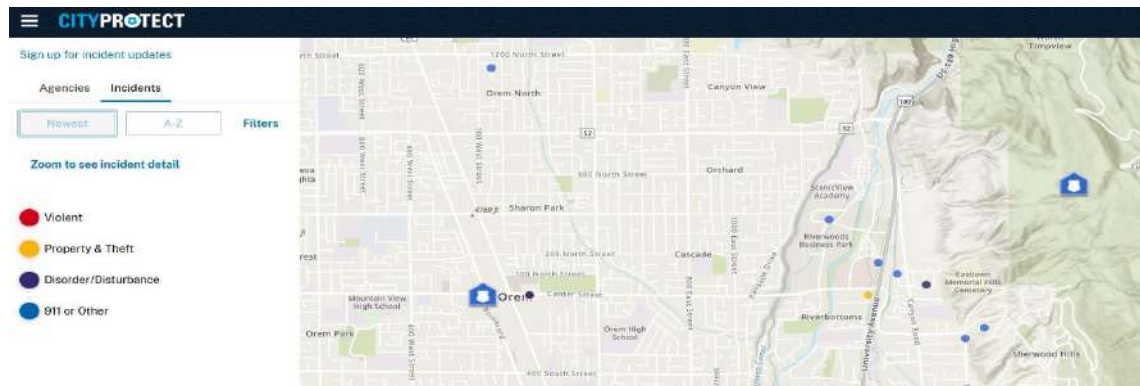


Рисунок 3 – Интерфейс CityProtect



Рисунок 4 – Данные с сайта CrimeStat

Для реализации карты будут использованы библиотека D3.js для создания и манипуляции с графикой и файл GeoJSON для представления географической информации о районах.

GeoJSON – это формат данных для представления географической информации в виде JSON (JavaScript Object Notation). Он используется для описания различных географических объектов, таких как точки, линии, многоугольники, а также для хранения пространственных данных в структурированном виде, удобном для обмена и обработки.

Есть два способа для получения данного файла. Первый способ требует написания отдельного алгоритма для чтения карты белгородской области, определения относительных координаты районов и заполнение файла полученными данными.

Вторым вариантом является использование программы QGIS. Для получения необходимых данных потребуется следовать следующим шагам:

- импорт изображения в программу;
- геопривязка изображения;
- оцифровка границ;
- ручное обведение границ;
- экспорт в GeoJSON.

Для предварительного просмотра созданного полученного результата можно использовать сайт geojson.io. На рисунке 3 показан результат открытия файла GeoJSON.

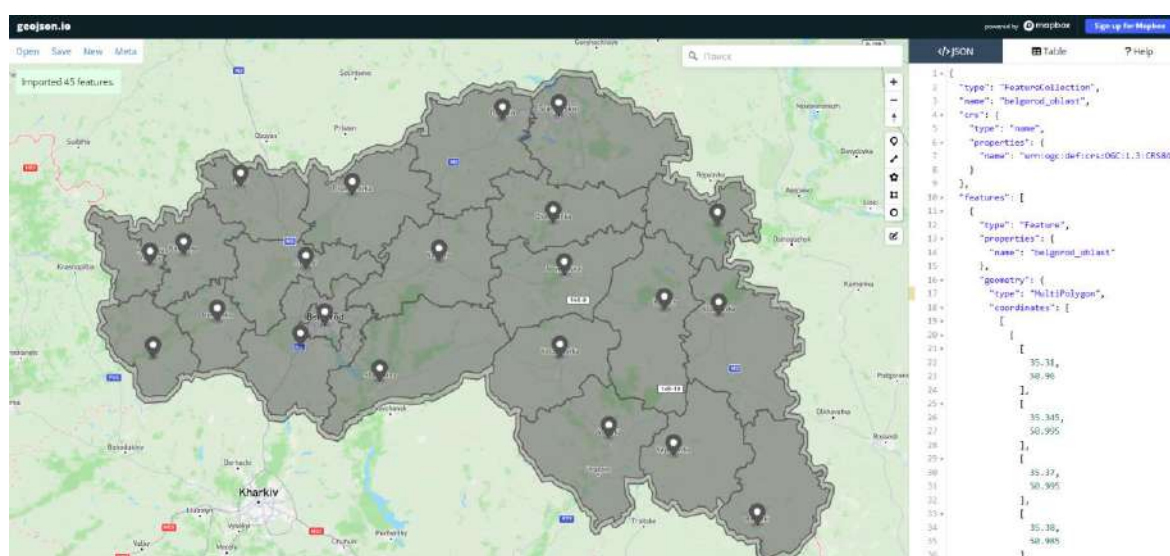


Рисунок 5 – Содержание файла GeoJSON

При дальнейшей разработке модуль визуализации делится на несколько уровней: получение данных, получение карты и отрисовка.

Для получения данных со стороны сервера используется React hook `useEffect`. Это один из основных хуков в React, который используется для выполнения побочных эффектов в функциональных компонентах.

Далее полученные данные передаются в компонент карты и рендерится. Для это используется элемент библиотеки D3 `geoMercator()`, который передается в `svg` элемент.

Создание линейных графиков и гистограмм происходит аналогично, но с применением элементов `scaleBand` и `scaleLinear` для рендера шкал, `axisLeft` и `axisBottom` для создания осей `y` и `x` соответственно.

Удобным и практичным решением является 3D визуализация данных. В отличие от традиционных методов документации, 3D-технологии позволяют создавать точные цифровые реплики мест происшествий, сохраняя все пространственные характеристики и взаимосвязи объектов. Одним из наиболее значимых применений 3D-визуализации является реконструкция мест преступлений. Современные технологии фотограмметрии и лазерного сканирования позволяют создавать детализированные цифровые модели с точностью до миллиметра, что было недостижимо при использовании традиционных методов фиксации.

Технологическая база для реализации 3D-визуализации в криминалистике включает несколько ключевых компонентов. Методы создания цифровых моделей, такие как фотограмметрия и лазерное сканирование, обеспечивают высокую точность оцифровки реальных объектов. Специализированное программное обеспечение для баллистического анализа и реконструкции ДТП позволяет проводить сложные расчеты и симуляции. Современные технологии отображения, включая `Three.js` / `WebGL` и `VR` / `AR`-решения, делают результаты визуализации доступными для различных категорий пользователей – от следователей до судей и присяжных.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение 3D-визуализации в криминалистическую практику сталкивается с рядом сложностей. Высокая стоимость оборудования и необходимость специальной подготовки кадров ограничивают широкое распространение этих технологий. Кроме того, остается открытым вопрос о процессуальном статусе 3D-моделей как доказательств и стандартах их использования в суде.

Модернизация модуля визуализации данных в АИС «Криминалистика» представляет собой важный шаг к повышению эффективности криминалистической аналитики. Применение современных технологий визуализации, улучшение интерфейса и обеспечение интеграции с существующими системами позволили значительно повысить функциональность и удобство использования модуля.

Практическая значимость исследования заключается в предоставлении возможности сотрудникам работать с данными в режиме реального времени, изменять параметры визуализации, фильтровать данные и исследовать взаимосвязи, что позволяет адаптировать представление данных под конкретные задачи и нужды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Для чего нужна визуализация данных и какая она бывает [Электронный ресурс] / NOTAMEDIA / Режим доступа: <https://integrator.nota.media/blog/articles/dlya-chego-nuzhna-vizualizatsiya-dannykh-i-kakaya-ona-byvaet/>, свободный
2. The Visual Display of Quantitative Information [Электронный ресурс] / Эдвард Тафти / Режим доступа: https://www.econ.upf.edu/~michael/visualdata/tufte-aesthetics_and_technique.pdf, свободный
3. CommandCentral Community [Электронный ресурс] / Motorola Solutions / Режим доступа: https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/products/command-center-software/community-engagement/CommandCentral_Community_Bro-1120-mlw-v5.pdf, свободный
4. Информационное наполнение Портала [Электронный ресурс] / Портал правовой статистики / Режим доступа: <http://crimestat.ru/aboutportal>, свободный
5. The JavaScript library for bespoke data visualization [Электронный ресурс] / d3js.org / Режим доступа: <https://d3js.org/getting-started>, свободный
6. The GeoJSON Format [Электронный ресурс] / Datatracker / Режим доступа: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7946>, свободный
7. Эндрю Абел. Data Visualization: A Successful Design Process / Эндрю Абел, Мэтью Оллебридж, Эмма Коттер – Текст: непосредственный // Packt Publishing Ltd, 2012 г. – С. 206
8. Investigate 12x faster with the world's most used cyber investigation platform [Электронный ресурс] / Maltego / Режим доступа: <https://maltego.com/>, свободный
9. Киран Хили. Data Visualization: A Practical Introduction / Киран Хили – Текст: непосредственный // Princeton University Press, 2018 г. – С. 292
10. I2 Analyst's Notebook Discover and deliver actionable intelligence [Электронный ресурс] / I2 / Режим доступа: <https://i2group.com/i2-analysts-notebook>, свободный

Чеснов Никита Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

Email: 1376562@bsuedu.ru

СЕКЦИЯ 2
«МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ
НАУКИ И ТЕХНИКИ»
SECTION 2
«MODELING, DESIGN AND COMPUTER TECHNOLOGIES
IN VARIOUS BRANCHES OF SCIENCE AND TECHNOLOGY»

УДК 004.89

Научный руководитель:
Ильинская Елена Владимировна,
доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Z.M. AL JANZEER, I.K. POLSHCHIKOV
З.М. АЛЬ ЖАНЗИР, И.К. ПОЛЬЩИКОВ

STUDY OF THE ACCURACY OF NEURAL NETWORK
CLASSIFICATION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGES

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

The article presents a study of the accuracy of neural network classification of magnetic resonance imaging images. To reduce classification errors of digital images, image quality improvement methods are used. The accuracy of neural network classification of images processed using the histogram equalization method and based on the combined use of linear interpolation and the firefly algorithm is studied. The results of the study showed that image processing using linear interpolation and the firefly algorithm improves the quality of their classification.

Keywords: neural network, image quality, magnetic resonance imaging, image processing and classification.

Представлено исследование точности нейросетевой классификации изображений магнитно-резонансной томографии. Для снижения ошибок классификации цифровых снимков, используются методы повышения качества изображений. Исследована точность нейросетевой классификации изображений, обработанных с помощью метода выравнивания гистограммы и на основе совместного применения линейной интерполяции и алгоритма светлячков. Результаты исследования показали, что обработка изображений с помощью применения линейной интерполяции и алгоритма светлячков позволяет повысить качество их классификации

Ключевые слова: нейронная сеть, качество изображений, магнитно-резонансная томография, обработка и классификация изображений.

Common tasks of data processing and analysis include tasks of image recognition and classification. They are relevant in many areas of human activity, especially in medicine. One of the important functions of image recognition in the field of medicine is the determination of the presence of malignant tumors in magnetic resonance imaging (MRI) images. A promising approach to solving problems of automatic data processing and analysis is the use of artificial intelligence methods [1–8]. Modern intelligent methods are based mainly on the use of artificial neural networks.

To reduce classification errors of magnetic resonance imaging images, various methods for improving image quality are used. The most well-known of them is the histogram equalization method [9]. We proposed a method for improving image quality based on the use of linear interpolation and the firefly algorithm [10]. To compare these methods, we processed images using them and fed the corresponding data to the input of a convolutional neural network.

During the neural network classification, gray images were introduced, which were optimized using the histogram equalization method. Next, we investigated the accuracy of neural network classification of three cancers affecting the human brain. The test was limited to 10 gray images. The results of the study are shown in the form of a confusion matrix in Figure 1. It can be seen that out of ten MRI images, only 3 images were correctly classified. This means that when processing images using the histogram equalization method, the accuracy of neural network classification was 30%.

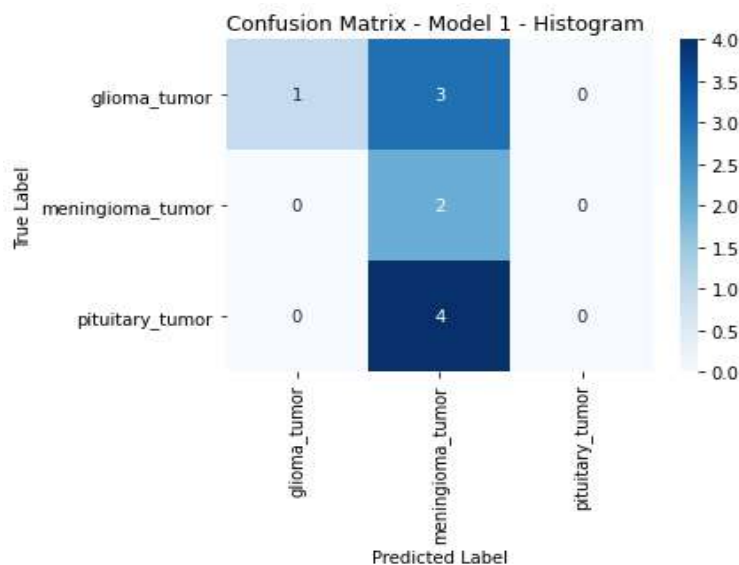


Figure 1 – Results of neural network classification of images processed using the histogram equalization method

Figure 2 shows the results of neural network classification of MRI images processed using linear interpolation and the firefly algorithm. Analysis of the results shows that 6 images out of ten MRI images were classified correctly. This means that when processing images using linear interpolation and the firefly algorithm, the accuracy of neural network classification was 60%.

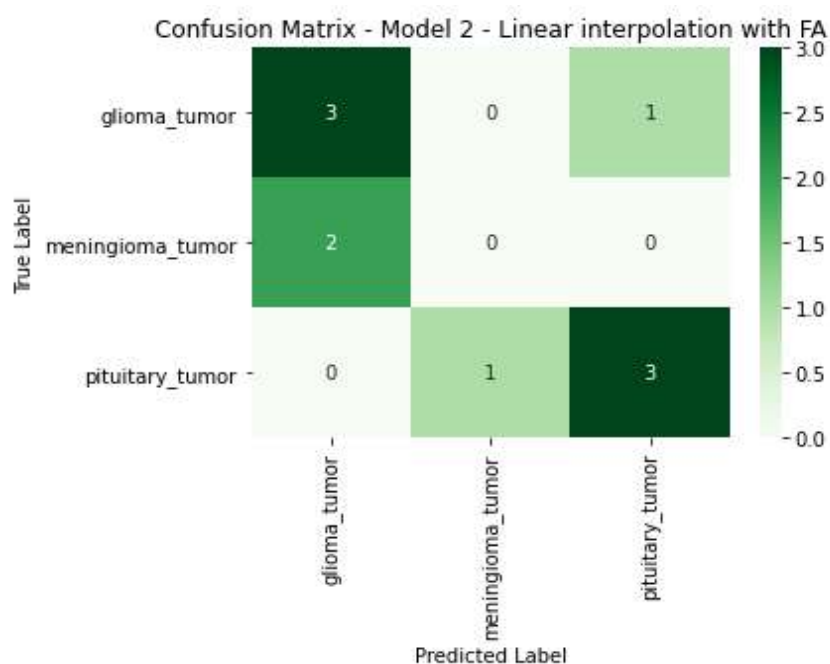


Figure 2 – Results of neural network classification of images processed using linear interpolation and the firefly algorithm

Thus, the results of the study showed that image processing using linear interpolation and the firefly algorithm allows for a 30% improvement in the quality of their classification. The subject of our further research will be the improvement of neural network image classification methods to increase its accuracy.

BIBLIOGRAPHY

1. Оценивание эффективности функционирования диалоговой системы на основе применения нечеткого вывода с нейросетевой настройкой / Т. Н. Махди, Е. В. Игитян, К. А. Польщиков, Н. И. Корсунов // Экономика. Информатика. – 2022. – Т. 49, № 2. – С. 356-374.
2. Модель для оценки эффективности выполнения робототехнической системой коммуникативных функций / К. А. Польщиков, С. А. Лазарев, И. С. Константинов [и др.] // СТИН. – 2020. – № 6. – С. 4–7.
3. The use of virtual reality and fuzzy neural network tools to identify the focus on achieving project results / A. S. Velikanova, K. A. Polshchikov, R. V. Likhoshesterov, A. K. Polshchikova // Journal of Physics: Conference Series. 2nd International Scientific Conference on Artificial Intelligence and Digital Technologies in Technical Systems 2021, Volgograd. – 2021. – Vol. 2060. – P. 173707.
4. Konstantinov I.S., Polshchikov K.O., Lazarev S.A. The Algorithm for Neuro-Fuzzy Controlling the Intensity of Retransmission in a Mobile Ad-Hoc Network // International Journal of Applied Mathematics and Statistics. – 2017. – Vol. 56, No. 2. – P. 85–90.
5. Polshchikov K.O., Lazarev S.A., Zdorovtsov A.D. Neuro-Fuzzy Control of Data Sending in a Mobile Ad Hoc Network // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Vol 9, No 2S. – P. 1494–1501.
6. Selecting the intersegment interval for TCP in telecomms networks using fuzzy inference system / N. Rvachova, G. Sokol, K. Polshchikov, J.N. Davies // 2015 Internet Technologies and Applications, ITA 2015 – Proceedings of the 6th International Conference. – Wrexham, 2015. – P. 256–260.
7. Polshchikov, K. A. Neural network natural language processing tools for identifying personal priorities in the project performers selection in the field of smart agriculture / K. A. Polshchikov, A. S. Velikanova, E. V. Igityan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1069, No. 1. – P. 012012.
8. Clusters partition algorithm for a self-organizing map for detecting resource-intensive database inquiries in a geo-ecological monitoring system / T. N. Mahdi, J. Q. Jameel, K. A. Polshchikov [et al.] // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Vol. 9, No. 4. – P. 1138–1145.
9. Roy S., Bhalla K., Patel R. Mathematical analysis of histogram equalization techniques for medical image enhancement: a tutorial from the perspective of data loss // Multimedia Tools and Applications. – 2024. – Vol. 83. – P. 14363–14392.
10. Аль Жанзир, З.М. Улучшение изображений в оттенках серого путем разработки линейной интерполяции с использованием алгоритма Firefly // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2025. – № 3. – С. 403–415.

Аль Жанзир Зуалфекар Муниф

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий
E-mail: 1689419@bsuedu.ru

Польщиков Илья Константинович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: 1470154@bsuedu.ru

УДК 656.11.004.14

*Научный руководитель:
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

К.Е. БАДАНИС
K.YE. BADANIS

ИНТЕГРАЦИЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАФИКОМ

INTEGRATION OF ROAD SURFACE MONITORING INTO THE URBAN TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM

В статье рассмотрены направления развития системы управления городским автомобильным трафиком, которые нацелены на повышение эффективности движения транспортных средств и улучшение состояния дорожного покрытия. В статье показано, что современные подходы к мониторингу дорожного покрытия, основанные на данных акселерометров, позволяют интегрировать эти данные в общую систему управления транспортом городской агломерации, повышая ее комплексность и эффективность.

Ключевые слова: автомобильный трафик; Internet of Things; дорожная сеть; мониторинг; дорожное покрытие; акселерометр; краудсорсинг

The article considers the development directions of the urban automobile traffic management system, which are aimed at increasing the efficiency of vehicle traffic and improving the condition of the road surface. The article shows that modern approaches to road surface monitoring based on accelerometer data allow integrating these data into the overall transport management system of the urban agglomeration, increasing its complexity and efficiency.

Keywords: automobile traffic; Internet of Things; road network; monitoring; road surface; accelerometer; crowdsourcing

Введение

Государственные структуры и транспортный сектор накапливают колоссальные объемы данных, которые распределены по децентрализованным базам данных и инфраструктурным хранилищам. Эти данные охватывают спектр от технических характеристик дорожных сооружений до внутренних оперативных реестров [1].

Реорганизация системы хранения путем внедрения облачных платформ создает условия для их унификации, а также открывает возможности для реализации продвинутых современных аналитических инструментов. Такой подход позволяет формировать адаптивные цифровые системы, обладающие расширенным функционалом управления данными.

Повышение эффективности управления городским автомобильным трафиком

В контексте Internet of Things (далее – IoT) в инфраструктурных системах [2], а также развития решений на основе краудсорсинга в транспортных сетях, отрасль сталкивается с трансформацией существующих бизнес-моделей. Это, в свою очередь, предоставляет операторам цифровых сервисов конкурентное преимущество – они получают доступ к актуализируемым в режиме реального времени метаданным, что позволяет интегрировать их в существующие системы (такие как системы навигация или мониторинга) и позволяет создать новые сервисы, ориентированные на повышение эффективности дорожной инфраструктуры [3].

Оптимизация системы управления городским автомобильным трафиком (далее – АТ) требует комплексного подхода, объединяющего современные методы регулирования и адаптивные технологии.

Контроль за движением осуществляется через два основных инструмента: светофорные объекты (далее – СО) и дорожные знаки (запрещающие и информационные). Среди них управление светофорными системами (далее – УСС) выделяется как наиболее эффективный инструмент оптимизации АТ [4]. Реализация УСС включает два этапа: настройку изолированных перекрестков и синхронизацию сигналов в масштабах дорожной сети [5]. Такая иерархия позволяет минимизировать конфликты транспортных потоков и повысить предсказуемость движения.

Ключевыми параметрами управления являются оптимизация фазирования и синхронизации сигналов СО:

- длина цикла: период, за который выполняется полная смена сигналов на перекрестке;
- разбиение: распределение времени между фазами в рамках цикла;
- смещение: временной интервал между зеленым сигналом на соседних перекрестках, обеспечивающий беспрепятственное движение транспорта в приоритетном направлении [6].

Интеграция систем информирования водителей (отображение оставшегося времени сигнала СО, рекомендации по скоростному режиму) позволяет адаптировать поведение участников дорожного движения, снижая количество резких торможений и повышая пропускную способность [7]. Данный подход также обеспечивает устойчивость системы в условиях временного отключения центрального управления.

В отличие от традиционных методов, подход группового управления фазами СО динамически объединяет совместимые транспортные потоки (например, поворотные и прямые направления) в единую фазу, что повышает гибкость регулирования. Метод активно применяется в европейских странах и подразделяется на три категории:

- 1) режим с фиксированным временем;
- 2) адаптивное управление (реагирование на текущую нагрузку);
- 3) полуактивный режим (комбинация предустановленных алгоритмов и корректировки в реальном времени) [6].

Однако изолированная оптимизация параметров недостаточна из-за взаимовлияния перекрестков в сетях с высокой плотностью АТ. Для минимизации каскадных задержек требуется координация сигналов СО, обеспечивающая «зеленые коридоры» для доминирующих потоков.

Координационные модели управления сетью могут быть реализованы в виде:

- древовидной структуры, которая предполагает выделение главного перекрестка (узла) и подчинение второстепенных узлов. В этом случае реализуются модели «зеленой волны» (одно- и двунаправленные), гарантирующие бесперебойное движение в ключевых направлениях [8];
- циклической модели, которая учитывает приоритеты направлений на основе их пропускной способности и расстояния между перекрестками (узлами). Это позволяет динамически перераспределять временные интервалы зеленого сигнала СО в зависимости от текущей загрузки.

Эффективность транспортной системы достигается за счет синергии указанных методов. Перекрестки, как наиболее конфликтные зоны, требуют одновременного применения: синхронизированных светофорных систем; информационных панелей (табло) для водителей; адаптивного фазирования; межузловой координации. Интеграция данных стратегий в единую систему с использованием IoT и Big Data способна сократить среднюю задержку на 25-30%, что подтверждается пилотными проектами в мегаполисах европейских стран [7].

Однако, помимо управления светофорами и оптимизации АТ, критически важным элементом инфраструктуры городских дорог является мониторинг состояния дорожного покрытия (далее – ДП). Состояние ДП напрямую влияет на безопасность движения, износ транспортных средств (далее – ТС) и затраты на содержание дорожной

инфраструктуры. Современные подходы к мониторингу, основанные на данных акселерометров и имитационных моделях, позволяют интегрировать эту информацию в общую систему управления транспортом, повышая ее комплексность и эффективность (рис. 1.).

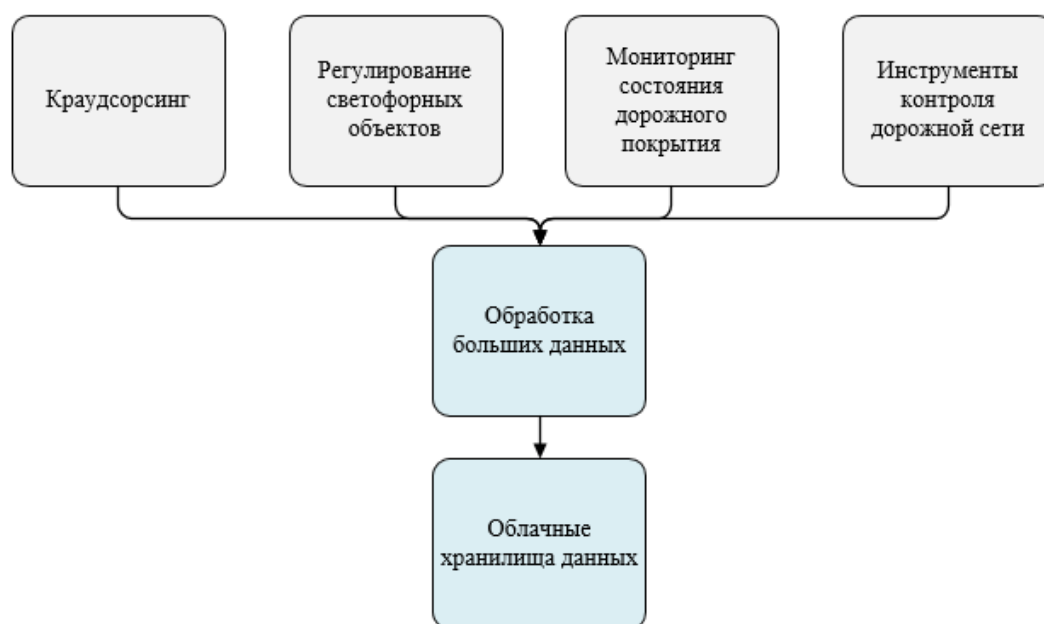


Рисунок 1 – Концепция совершенствования системы городского автомобильного трафика

Методология мониторинга дорожного покрытия с использованием акселерометров

Исследования [9-11] показывают, что данные датчиков (акселерометров), установленных на ТС, могут быть использованы для идентификации дефектов ДП, таких как выбоины, трещины и колеи. Например, разработанная автором имитационная модель в Unity симулирует взаимодействие ТС с дефектами, фиксируя ускорения по осям X , Y и Z . Эти данные (время, местоположение, ускорение) записываются в выходной файл и обрабатываются для классификации дефектов ДП, с целью принятия решения дорожными службами о необходимости проведения ремонтных работ. На рисунке 2 представлена имитационная модель Unity.



Рисунок 2 – Имитационная модель

Данные о состоянии ДП можно объединить с другими источниками (АТ, СО, системами GPS) на единой платформе, построенной на облачных технологиях, что обеспечит:

- синхронизацию информации: данные акселерометров можно загружать в облако и анализировать данные в реальном времени; интеграция с ЦОДД или сервисами вроде «Яндекс Карты» позволит обновлять карты с отметками о дефектах;

- оперативное реагирование: при обнаружении глубокой выбоины (например, >0.1 м) система автоматически фиксирует координаты с последующим уведомлением дорожных служб; корректирует маршруты ТС через навигационные приложения, чтобы минимизировать повреждения подвески.

- оптимизация ремонта: на основе приоритетности дефектов (глубина, интенсивность движения, время с момента обнаружения) появляется возможность формировать график работ; система может предлагать временные ограничения скорости в зонах с изношенным ДП, уменьшая нагрузку на дорогу.

На рисунке 3 представлен принцип работы имитационной модели для анализа ускорений и классификации состояния ДП.

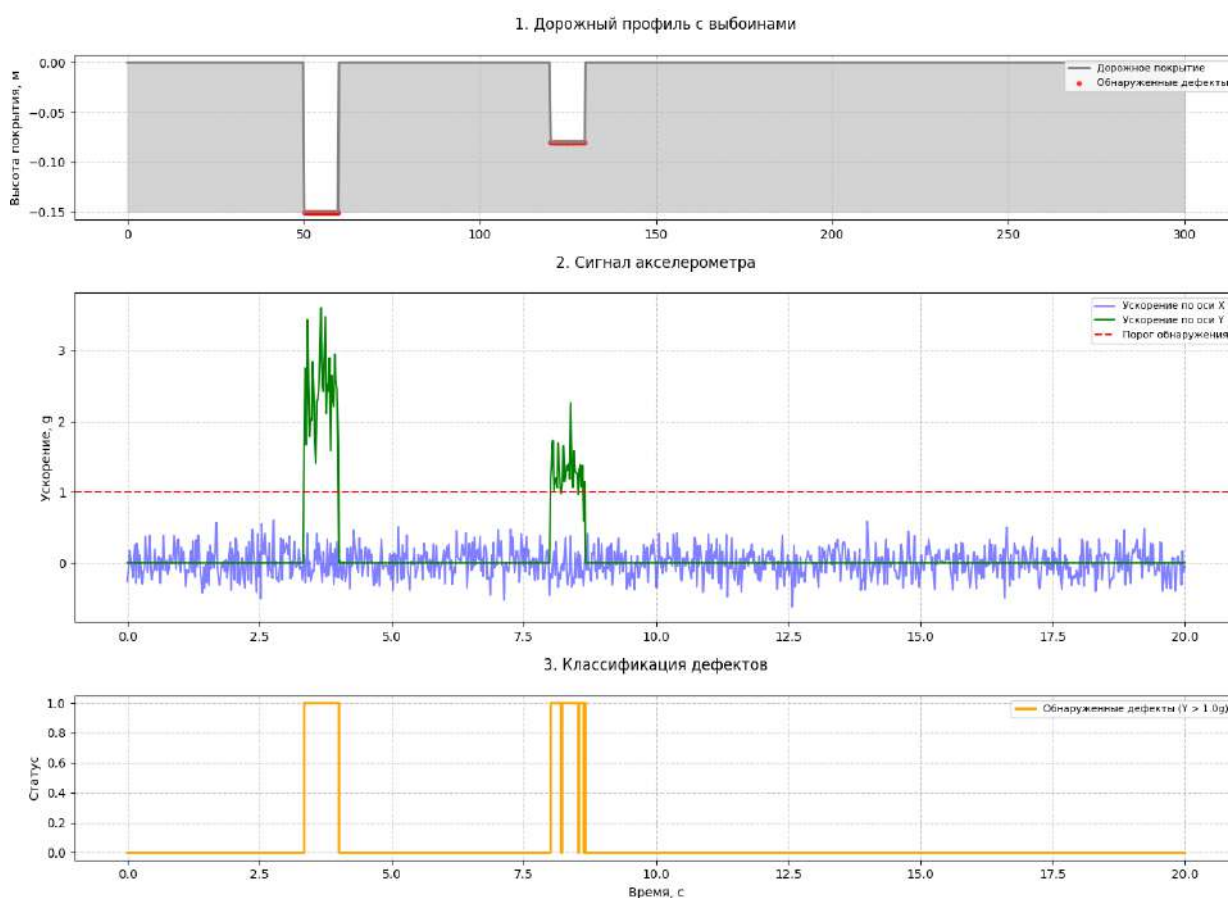


Рисунок 3 – Принцип работы имитационной модели для анализа ускорений и классификации дефектов

Заключение

Интеграция метода мониторинга ДП в систему управления городским трафиком не только дополнит существующие методы (управление СО, оптимизация АТ), но и создаст замкнутый цикл обратной связи, а именно: сбор данных о дефектах и АТ; анализ и прогнозирование с помощью имитационных моделей; планирование и проведение ремонта.

Данное решение позволит достичь устойчивости дорожной инфраструктуры, снизить затраты и повысить качество жизни горожан. В дальнейших исследованиях планируется программная реализация алгоритмов траекторной кластеризации движения ТС, что позволит выявить общие траектории движения ТС в момент объезда выбоин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баданис К. Е. Технология Big Data и искусственный интеллект в управлении автомобильным трафиком //XXXVII Международная научно-практическая конференция «Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации», г. Пенза, 25 июня 2024 г. – ISBN 978-5-00236-431-2. – С. 73-77.
2. Баданис, К.Е. Решение вопросов киберуправления физическими объектами и процессами [Текст] / К.Е. Баданис, А.А. Шамраев // Вестник студенческого научного сообщества НИУ «БелГУ»: сб.статей. – Белгород, 2021. – С. 162–164.
3. Компания Ericsson // Первое в мире общенациональное решение для обслуживания автомобильного трафика в режиме реального времени; предоставлено правительством, The Talking Traffic Case Study, p. 4, 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://ericsson.com/>
4. D. Zhao, Y. Dai, and Z. Zhang, “Computational Intelligence in Urban Traffic Signal Control: A Survey,” IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev., vol. 42, no. 4, pp. 485–494, Jul. 2012.
5. G. E. Cantarella and A. Sforza, “Network Design Models and Methods for Urban Traffic Management,” in Urban Traffic Networks, Springer, Berlin, Heidelberg, 1995, pp. 123–153.
6. J. Jin and X. Ma, “A group-based traffic signal control with adaptive learning ability,” Eng. Appl. Artif. Intell., vol. 65, pp. 282–293, Oct. 2017.
7. H. S. E. Chuo, M. K. Tan, A. C. H. Chong, R. K. Y. Chin, and K. T. K. Teo, “Evolvable traffic signal control for intersection congestion alleviation with enhanced particle swarm optimisation,” in 2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), 2017, pp. 92–97.
8. N. Funabikiy, Y. Takefuji, and K. C. Lee, “Comparisons of seven neural network models on traffic control problems in multistage interconnection networks,” IEEE Trans. Comput., vol. 42, no. 4, pp. 497–501, Apr. 1993.
9. P. Mohan, V. N. Padmanabhan, and R. Ramjee, “Nericell: Rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones,” in Proceedings of the 6th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems (SenSys '08). ACM, 2008, pp. 323–336.
10. K. Chen, M. Lu, G. Tan, and J. Wu, “CRSM: Crowdsourcing based road surface monitoring,” in Proc. of the 11th IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC), November 2013, pp. 2151–2158.
11. De Zoysa, K., Keppitiyagama, C., Seneviratne, G.P., Shihan, W.W.A.T.: A public transport system based sensor network for road surface condition monitoring. In: Proceedings of the 2007 Workshop on Networked Systems for Developing Regions, p. 9. ACM (2007)

Баданис Кирилл Евгеньевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: badanis@bsuedu.ru

УДК 004.89

Научный руководитель:
Польщиков Константин Александрович,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

М.С. БАЛАКШИН
M.S. BALAKSHIN

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СЕТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

AUTOMATED SYSTEM FOR CONTROLLING DATA TRANSFER MODES IN THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS NETWORK

Рассмотрена задача создания системы управления режимами передачи данных в сети промышленного интернета вещей. Функционирование системы основано на теоретически обоснованном выборе уровня качества доставки сообщений в зависимости от текущей интенсивности битовых ошибок в беспроводных каналах с учетом критериев, обусловленных спецификой контролируемого технологического процесса. Выполнено оценивание работоспособности предлагаемой системы с помощью вычислительных экспериментов. Полученные результаты показали, что применение разработанной системы позволяет обеспечить заданные значения вероятности доставки и вероятности дублирования сообщений, а также дает возможность снизить среднюю интенсивность пакетного трафика.

Ключевые слова: промышленный интернет вещей, управление технологическими процессами, режимы передачи данных, качества доставки сообщений.

The problem of creating a system for managing data transmission modes in the industrial Internet of Things network is considered. The system operation is based on a theoretically substantiated choice of the message delivery quality level depending on the current bit error rate in wireless channels, taking into account the criteria determined by the specifics of the controlled technological process. The performance of the proposed system was assessed using computational experiments. The results obtained showed that the use of the developed system allows for the specified values of the probability of delivery and the probability of duplication of messages, and also makes it possible to reduce the average intensity of packet traffic.

Keywords: industrial Internet of Things, technological process control, data transmission modes, message delivery quality.

В настоящее время активно развиваются беспроводные технологии передачи данных, предназначенные для проведения удаленного мониторинга и контроля в различных сферах [1–6]. В целях превентивного управления технологическими процессами на производственных предприятиях применяются системы промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) [7– 9].

Достижение требуемых характеристик доставки данных в сети промышленного Интернета вещей можно обеспечить за счет управления режимами передачи телеметрических сообщений. Одним из наиболее распространенных стандартов, на основе которых функционируют IIoT-системы, является протокол Message Queuing Telemetry Transport for Sensor Networks (MQTT-SN), адаптированный для беспроводных сенсорных сетей [10]. В соответствии с этим протоколом предусмотрена реализация трех режимов, соответствующих различным уровням качества доставки сообщений (Quality of Service, QoS):

QoS-0 – без подтверждений и повторных передач информационных пакетов;

QoS-1 – используются однократные подтверждения информационных пакетов, возможна доставка дубликатов сообщений;

QoS-2 – используются двойные подтверждения информационных пакетов, гарантировано отсутствие дублирования доставляемых сообщений.

Выбор реализуемого режима существенно влияет на характеристики доставки

телеметрических данных. Цель реализации такого выбора – обеспечение значений вероятности доставки сообщений $PD0$, $PD1$ и $PD2$ не ниже заданной величины GPD , вероятности доставки дубликатов сообщений $PDUBL$ не выше заданного значения $GPDUBL$, а также минимизация передаваемого в ПоТ-сети пакетного трафика.

Разработана автоматизированная система управления режимами передачи данных в сети промышленного Интернета вещей, схема которой представлена на рисунке 1. Система устанавливается на вычислительной аппаратуре центра управления производственными технологическими процессами. Телеметрические данные, передаваемые сенсорными узлами по ПоТ-сети, принимаются сетевым узлом центра управления, а оттуда поступают в модуль измерения BER. Измеренные значения BER передаются параллельно в модуль оценивания $PD0$, модуль оценивания $PD1$ и модуль оценивания $PD2$.

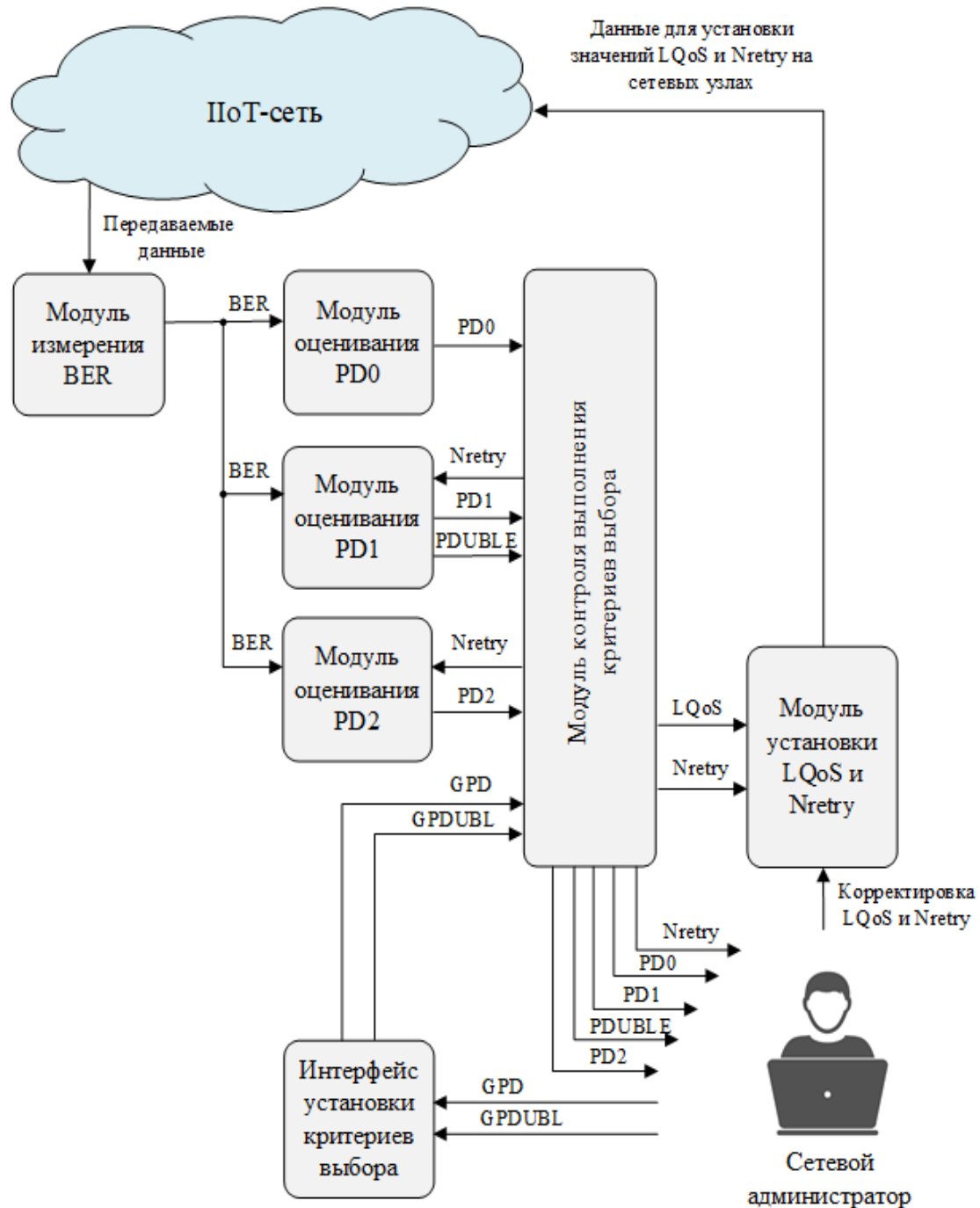


Рисунок 1 – Автоматизированная система управления режимами передачи данных в сети промышленного Интернета вещей

В модуле оценивания $PD0$ вычисляется текущее значение $PD0$. Затем это значение подается в модуль контроля выполнения критериев выбора. В этом модуле значения $PD0$ сравниваются с заданной величиной GPD . Значение GPD задается сетевым администратором с использованием интерфейса установки критериев выбора. Если $PD0 \geq GPD$, то при обмене данными с соответствующим сенсорным узлом рекомендуется реализация уровня QoS-0, поэтому величине рекомендованного уровня качества доставки сообщений $LQoS$ присваивается значение 0. Это значение подается в модуль установки $LQoS$ и числа повторных передач $Nretry$. Если же $PD0 < GPD$, то модуль контроля выполнения критериев выбора подает в модуль оценивания $PD1$ запрос на вычисление значения $PDUBL$. В модуле оценивания $PD1$ вычисляется значение $PDUBL$ при $Nretry = 1$. Вычисленное значение $PDUBL$ подается в модуль контроля выполнения критериев выбора, в котором значения $PDUBL$ сравниваются с заданной величиной $GPDUBL$. Значение $GPDUBL$ задается сетевым администратором с использованием интерфейса установки критериев выбора. Если $PDUBL \leq GPDUBL$, то модуль контроля выполнения критериев выбора подает в модуль оценивания $PD1$ запрос на вычисление значения $PD1$. В модуле оценивания $PD1$ вычисляется значение $PD1$ при $Nretry = 1$. Если $PD1 \geq GPD$, то при обмене данными с соответствующим сенсорным узлом рекомендуется реализация уровня QoS-1, поэтому величине рекомендованного уровня качества передачи данных $LQoS$ присваивается значение 1. Это значение и значение $Nretry = 1$ подается в модуль установки $LQoS$ и $Nretry$. Если же $PD1 < GPD$, то модуль контроля выполнения критериев выбора подает в модуль оценивания $PD1$ запрос на вычисление значения $PDUBL$ при $Nretry = 2$. Далее операции выполняются в вышеуказанной последовательности, пока не будет выполнено условие $PD1 \geq GPD$. Если же выполнится условие $PDUBL > GPDUBL$, то модуль контроля выполнения критериев выбора подает в модуль оценивания $PD2$ запрос на вычисление значения $PD2$.

В модуле оценивания $PD2$ вычисляется значение $PD2$ при $Nretry = 1$. Затем это значение подается в модуль контроля выполнения критериев выбора. В этом модуле значения $PD2$ сравниваются с заданной величиной GPD . Если $PD2 \geq GPD$, то при обмене данными с соответствующим сенсорным узлом рекомендуется реализация уровня QoS-2, поэтому величине рекомендованного уровня качества передачи данных $LQoS$ присваивается значение 2. Это значение подается в модуль установки $LQoS$ и $Nretry$. Если же $PD2 < GPD$, то модуль контроля выполнения критериев выбора подает в модуль оценивания $PD2$ запрос на вычисление значения $PD2$ при $Nretry = 2$ и т.д., пока будет выполнено условие $PD2 \geq GPD$. Рекомендуемые значения $LQoS$ и $Nretry$ могут быть при необходимости скорректированы сетевым администратором. Для обеспечения такой возможности сетевому администратору из модуля контроля выполнения критериев выбора выдаются вычисленные значения величин $PD0$, $PD1$, $PD2$, $GPDUBL$, $LQoS$ и $Nretry$. С помощью модуля установки $LQoS$ и $Nretry$ передаются служебные данные о рекомендуемых значениях уровня качества передачи данных и разрешенного числа повторных передач пакетов в сенсорный узел. На основе этих данных в настройках сенсорного узла устанавливаются рекомендуемые значения вышеуказанных параметров передачи телеметрических сообщений.

Выполнено исследование по оцениванию вероятности принятия правильного решения при выборе параметров дублирования пакетов без применения предлагаемой системы. В ходе исследования проведено 360 вычислительных экспериментов, в которых фиксировалось количество неправильно принятых решений по установке параметров повторных передач. При этом считалось, что принято неправильное решение, если установка рекомендуемых стандартных значений $Nretry$ и $Tretry$ приводило к невыполнению хотя бы одного из критериев доставки сообщений.

Выполнены вычислительные эксперименты, которые показали работоспособность системы автоматизированного управления режимами передачи телеметрических сообщений в сети промышленного интернета вещей. В результате проведения

вычислительных экспериментов установлено, что применение системы позволяет обеспечить заданные значения вероятности доставки и вероятности дублирования сообщений, а также дает возможность снизить на 32,5 % среднюю интенсивность пакетного трафика по сравнению с реализацией фиксированного уровня качества доставки сообщений с двойными подтверждениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу обеспечения связи в процессе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах строительства / И. С. Константинов, О. В. Пилипенко, К. А. Польщиков, О. Д. Иващук // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 1(63). – С. 40–46.
2. Justification for the decision on loading channels of the network of geoecological monitoring of resources of the agroindustrial complex / K. Polshchykov, S. Lazarev, V. Kiselev, A.H.T. Shabeeb // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Vol. 9, No. 3. – P. 781–787.
3. Clusters partition algorithm for a self-organizing map for detecting resource-intensive database inquiries in a geo-ecological monitoring system / T.N. Mahdi, J.Q. Jameel, K.A. Polshchykov [et al.] // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Vol. 9, No. 4. – P. 1138–1145.
4. Ясир М.Д.Я. Имитационная модель функционирования беспроводной сети с низким энергопотреблением / М.Д.Я. Ясир, К.А. Польщиков, Е.М. Маматов // Экономика. Информатика. – 2023. Т. 50(3). – С. 645–654.
5. Польщиков, К.А. Оценка вероятностно-временных характеристик доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети / К.А. Польщиков // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2015. – № 7(204). – С. 183–187.
6. Джамил, К. Д. К. Модель передачи видеопотоков в летающей беспроводной самоорганизующейся сети / К. Д. К. Джамил, Р. В. Лихошерстов, К. А. Польщиков // Экономика. Информатика. – 2022. – Т. 49, № 2. – С. 403–415.
7. Khan, N. Industrial Internet of Things (IIoT) and Other Industry 4.0 Technologies in Spare Parts Warehousing in the Oil and Gas Industry: A Systematic Literature Review / N. Khan, W.D. Solvang, H. Yu // Logistics. – 2024. – Vol. 8(1). – P. 16.
8. Балакшин, М.С. Алгоритм автоматизированного управления параметрами передачи телеметрических сообщений в системе промышленного Интернета вещей / М.С. Балакшин, К.А. Польщиков // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 9. – С. 10-15.
9. Балакшин, М. С. Оценивание характеристик доставки данных в системе промышленного Интернета вещей / М. С. Балакшин, К. А. Польщиков // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 8. – С. 35-40.
10. Palmese, F. Adaptive Quality of Service Control for MQTT-SN / F. Palmese, A.E.C. Redondi, M. Cesana // Sensors. – 2022. – Vol. 22(22). – P. 8852.

Балакшин Михаил Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Соискатель кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: mihailil86@mail.ru

Научный руководитель:
Ющенко Виктория Владимировна,
 ассистент кафедры информационных
 и робототехнических систем,
 НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

М.Х. БЕКМАТОВ, Е.В. НЕСТЕРОВА, О.Г. ХУДАСОВА, Я.Ю.БОЧАРОВ
 M.H. BEKMATOV, E.V. NESTEROVA, O.G. HUDASOVA, YA.YU. BOCHAROV

ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ И ВЫБОР БИОСИГНАЛОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЫХАНИЯ ПАЦИЕНТА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АПНОЭ

FORMATION OF SIGNS AND SELECTION OF BIOSIGNALS FOR MONITORING THE PATIENT'S BREATHING TO DETECT APNEA

В данной статье исследуются механизмы изменений в дыхательной и сердечно-сосудистой системах при различных формах апноэ сна. Рассматриваются причины возникновения центрального и обструктивного апноэ, а также их влияние на функционирование сердца и сосудов. Приводятся данные о динамике частоты дыхания и изменении кардиоритмов в периоды апноэ. Предлагается новый подход к диагностике апноэ с использованием анализа временных и спектральных показателей ЭКГ. Результаты работы подтверждают значимость разработанных методик для повышения точности диагностики и улучшения качества лечения пациентов с апноэ сна.

Ключевые слова: ночное апноэ, биосигналы, мониторинг дыхания пациентов, обструктивное апноэ

This article examines the mechanisms of changes in the respiratory and cardiovascular systems in various forms of sleep apnea. The causes of central and obstructive sleep apnea, as well as their effect on the functioning of the heart and blood vessels, are considered. Data on the dynamics of respiratory rate and changes in cardiac rhythms during periods of apnea are presented. A new approach to the diagnosis of apnea using the analysis of temporal and spectral ECG parameters is proposed. The results of the work confirm the importance of the developed methods for improving the accuracy of diagnosis and improving the quality of treatment for patients with sleep apnea.

Keywords: nocturnal apnea, biosignals, respiratory monitoring of patients, obstructive sleep apnea

Исследования механизмов изменений в дыхательной и сердечно-сосудистой системах при апноэ сна показали, что центральное апноэ возникает из-за прекращения сигналов от дыхательного центра мозга к мышцам, что стимулирует гипервентиляцию и гипоканию. Последующее возбуждение ведет к гипервентиляции легких и снижению уровня углекислого газа, провоцируя приступ. Обструктивное апноэ проще: оно вызвано обструкцией дыхательных путей, ведущей к гипоксии, гиперкапнии и остановке дыхания. Концептуальная модель развития апноэ сна представлена на рисунке 1.

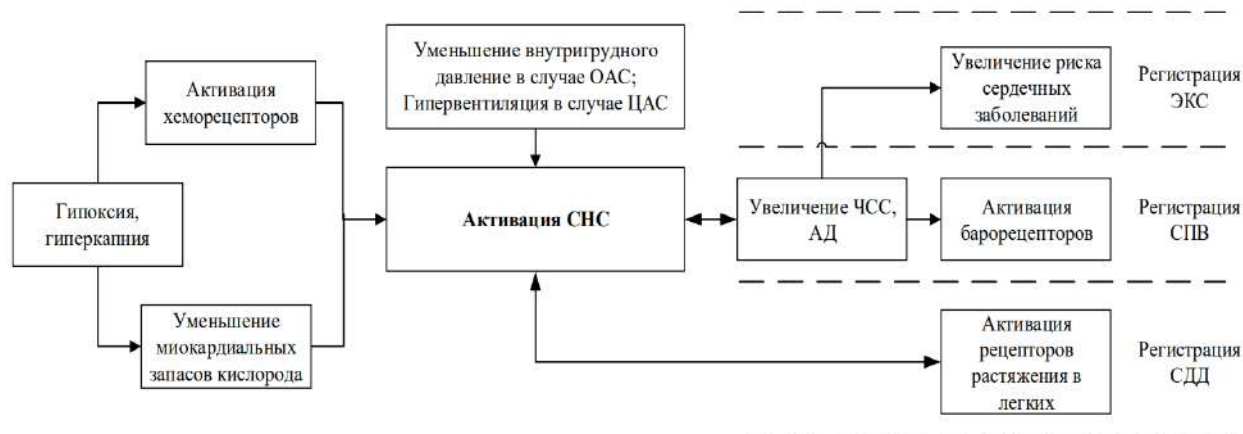


Рисунок 1 – Концептуальная модель развития апноэ сна

Гипоксия и гиперкапния, возникающие при любой форме апноэ сна, стимулируют центральные и периферические хеморецепторы. Центральные рецепторы реагируют на колебания уровня углекислого газа в крови, а гипоксия снижает насыщенность кислородом каротидных телец. Периферические рецепторы активизируются при росте концентрации водородных ионов и углекислого газа. Это приводит к возбуждению мозга и активации симпатической нервной системы, усиливающей нагрузку на левый желудочек, ускоряя сердцебиение и увеличивая потребность миокарда в кислороде [2].

Активация симпатической нервной системы увеличивает частоту сердечных сокращений и артериальное давление, что усиливает нагрузку на миокард. Регулярные микропробуждения и постоянное напряжение системы приводят к ухудшению сердечной недостаточности. Исследования подтверждают связь апноэ сна с развитием аритмии, ишемии миокарда, гипертрофии левого желудочка и общим ослаблением сердечно-сосудистой системы. Механизмы активации симпатической нервной системы при апноэ сна отличаются от других видов нарушений сна, а также различаются между центральным и обструктивным апноэ, что объясняет уникальные особенности сердечной дисфункции у таких пациентов.

Для выявления эпизодов апноэ сна необходимо определить ключевые параметры, позволяющие различать состояния с апноэ и без него у каждого пациента. Это делается с помощью электрокардиограммы, сфигмограммы и сигнала дыхательного движения.

В норме частота дыхания составляет 4–7 циклов в минуту. При апноэ задержка дыхания длится более 10 секунд, а частота дыхания может снижаться до 2 циклов в минуту, резко повышаясь после окончания эпизода. Частота дыхания – ценный индикатор, но для её расчета требуется фрагмент сигнала дыхательного движения продолжительностью не менее одной минуты [1].

Хотя динамика частоты дыхания полезна для выявления апноэ, предлагается рассмотреть спектр дыхания как альтернативный и более информативный показатель.

Анализ временных характеристик ЭКГ показал брадикардию (увеличение RR-интервала) и повышение его дисперсии во время апноэ/гипопноэ по сравнению с нормальным состоянием. Среднее значение RR-интервала составляло 961 мс при отсутствии апноэ и 1042 мс во время его проявления. Брадикардия при обструктивном апноэ обусловлена дисбалансом в работе симпатической и парасимпатической систем. Исследования подтвердили связь апноэ с брадикардией: RR-интервал стабилен при нормальном дыхании, но увеличивается в начале эпизода апноэ и уменьшается к его концу. Анализ дыхательной зоны покоя показал связь между дыхательным сигналом и изменениями RR-, ДК- и t-интервалов при апноэ сна. Во время остановки дыхания наблюдалось уменьшение RR-интервалов в начале эпизода и их увеличение к концу. Аналогичное поведение отмечено для ДК-интервалов, но с более ранним началом сокращения. Во время апноэ ДК уменьшалась по сравнению с периодом до и после задержки дыхания. Нормальное дыхание характеризовалось стабильной ДК, а интервалы демонстрировали меньшую амплитуду и среднее значение при апноэ. Спектрограмма вариабельности сердечного ритма представлена на рисунке 2.

Наши результаты совпадают с зарубежными исследованиями, показавшими, что соотношение LF/HF BCP различается у пациентов с апноэ сна и здоровых людей, что позволяет их дифференцировать. У здоровых и пациентов с умеренным обструктивным апноэ динамика LF/HF BCP схожа, тогда как у пациентов с тяжелым апноэ этот показатель значительно выше. Коэффициент когерентности у пациентов с тяжелым апноэ выше, чем у пациентов с умеренным апноэ. Также отмечается снижение парасимпатического индекса HF BCP при остановке дыхания, но частичное увеличение LF/HF BCP в зависимости от стадии сна. Использование показателей LF BCP, HF BCP и LF/HF BCP полезно для выявления эпизодов апноэ сна.

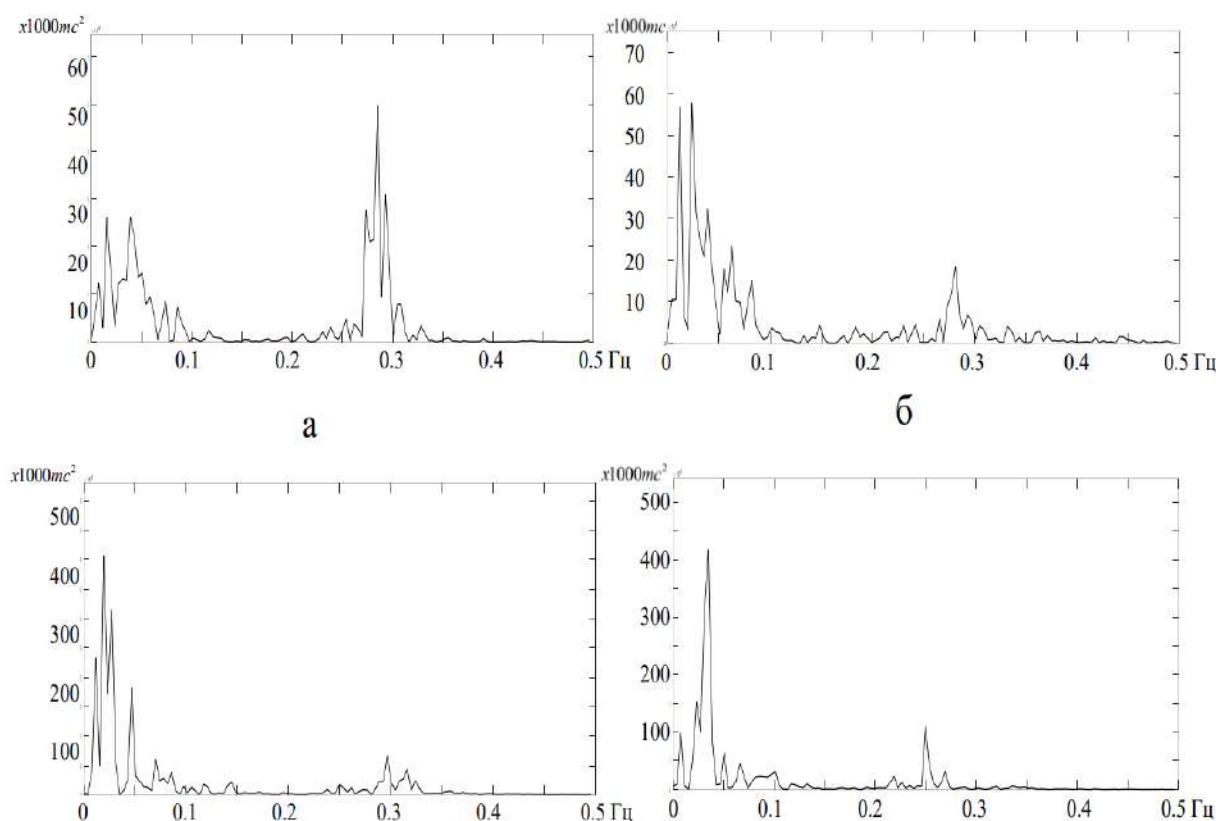


Рисунок 2 – Спектрограмма variability сердечного ритма вовремя некоторых событий
 (а – отсутствия апноэ сна, б – с проявлением гипопноэ,
 в – с проявлением обструктивного апноэ сна, г – с проявлением центрального апноэ сна)

Для разработки устройства, предупреждающего ночное апноэ планируется применить метод опорных векторов с ядром Kernel и линейной функцией. Точность классификации эпизодов апноэ сна и нормального состояния проверялась с помощью кросс-валидации. Спектральные значения RR и ДК-интервалов вычислялись через быстрое преобразование Фурье. Для надежных результатов по высокочастотным *HF*-компонентам требовалась запись ЭКГ не менее 60 секунд, а для низкочастотных *LF*-компонентов – не менее 120 секунд. В рамках исследования анализировались двухминутные участки ЭКГ. Показатели для классификации состояний апноэ сна и нормы извлекались из этих фрагментов. Биомедицинские сигналы были получены из базы данных Physionet, охватывающей 14 пациентов. Эпизоды апноэ сна выделялись на основании обработки двухминутных сегментов во время апноэ или гипопноэ, без уточнения конкретного типа апноэ. Нормальные состояния регистрировались при отсутствии апноэ. Классификация проводилась методом опорных векторов с учетом дисперсий ДК и t-интервалов.

Предложенный подход к созданию значимых показателей отличается от существующих методов по нескольким причинам. Во-первых, до сих пор анализ дыхательной информации в ЭКГ для классификации эпизодов апноэ сна проводился только за рубежом. В некоторых исследованиях предлагались показатели только для временной или частотной областей, что позволяет отличить центральное и обструктивное апноэ от нормы, но не различить гипопноэ, при котором изменения в состоянии пациента незначительны.

Текущие системы диагностики апноэ сна не позволяют оценивать артериальное давление ночью для каждого сердечного выброса. Решением может стать анализ временного интервала между R-зубцом на ЭКГ и пиком сфигмограммы, что повысит точность выявления апноэ и улучшит диагностику. Объединение временных и

спектральных показателей поможет провести углубленный анализ дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Таким образом, разработка устройства для предупреждения ночного апноэ является целесообразной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродовская, Т. О. Раннее старение сердечно-сосудистой системы у пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна / Т. О. Бродовская // Российский кардиологический журнал. – 2019. – Т. 24, № S2. – С. 26b. – EDN ZDVIMX
2. Дубровин, В.И. Твердохлеб, Ю.В. Усовершенствование методов анализа экг-сигналов на основе вейвлет-преобразования в системе электрокардиографии высокого разрешения // Нейроинформатика и интеллектуальные системы. 2021г., № 1, с.91-98
3. Старостин, Я. С. Сочетание обструктивного апноэ сна и нарколепсии как причина труднокурабельной сонливости / Я. С. Старостин // VII Всероссийская (81-й Итоговая) студенческая научная конференция "Студенческая наука и медицина XXI века: традиции, инновации и приоритеты", посвященная 100-летию СНО СамГМУ : сборник материалов, Самара, 10 апреля 2023 года / Под редакцией Г.П. Котельникова и В.А. Куркина. – Самара: ООО «Офорт», 2023. – С. 213-214. – EDN WGPUNX

Бекматов Мухриддин Хайталиевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
Email: 1561135@bsuedu.ru

Худасова Ольга Геннадьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем
Email: hudasova_og@bsuedu.ru

Нестерова Елена Викторовна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
Email: nesterova@bsu.edu.ru

Бочаров Яков Юрьевич

ООО «Ортомедцентр» (г. Белгород, Россия)
Заместитель директора
Email: bocharovayakov@yandex.ru

УДК 681.3.15

Научный руководитель:
Шамраева Елена Олеговна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Р.А. БОРОДИН
R.A. BORODIN

**РОЛЬ НЕМЕДИЦИНСКИХ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ
В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
СИСТЕМАХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ
С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ**

**THE ROLE OF NON-MEDICAL WEARABLE DEVICES
IN INTELLIGENT MEDICAL INFORMATION SYSTEMS
FOR MONITORING THE CONDITION OF PATIENTS
WITH CARDIOVASCULAR DISEASES**

В статье рассматривается применение немедицинских носимых устройств для мониторинга состояния пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Анализируются возможности современных технологий, таких как умные часы и фитнес-браслеты, в сборе и обработке физиологических данных. Особое внимание уделяется роли машинного обучения в прогнозировании рисков и выявлении паттернов, предшествующих ухудшению состояния пациентов. Рассматриваются технические и организационные вызовы, включая безопасность данных, стандартизацию и интеграцию с медицинскими системами. Подчеркивается перспективность использования носимых устройств для персонализированной медицины и телемедицины.

Ключевые слова: носимые устройства, сердечно-сосудистые заболевания, мониторинг пациентов, машинное обучение, телемедицина.

The article examines the use of non-medical wearable devices for monitoring patients with cardiovascular diseases. The capabilities of modern technologies, such as smartwatches and fitness trackers, in collecting and processing physiological data are analyzed. Particular attention is paid to the role of machine learning in risk prediction and identifying patterns that precede patient deterioration. Technical and organizational challenges are explored, including data security, standardization, and integration with medical systems. The potential of wearable devices for personalized medicine and telemedicine is emphasized.

Keywords: wearable devices, cardiovascular diseases, patient monitoring, machine learning, telemedicine.

В последние годы наблюдается значительный рост распространенности сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), которые остаются ведущей причиной смертности во всем мире [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно от ССЗ умирает около 17,9 миллиона человек [2]. Своевременное выявление ухудшения состояния и профилактика осложнений являются ключевыми факторами в снижении смертности от сердечно-сосудистых заболеваний.

Развитие технологий носимых устройств открывает новые возможности для непрерывного мониторинга состояния здоровья пациентов. Современные немедицинские носимые устройства, такие как умные часы и фитнес-браслеты, оснащены различными сенсорами, способными отслеживать частоту сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, уровень физической активности и качество сна [3]. Исследования показывают, что данные, собираемые с помощью этих устройств, могут быть использованы для раннего выявления нарушений работы сердечно-сосудистой системы [4].

Интеграция носимых устройств в медицинские информационные системы создает новую парадигму здравоохранения, основанную на непрерывном мониторинге и превентивном подходе к лечению. Современные носимые устройства способны собирать широкий спектр физиологических показателей. Наиболее распространенные параметры

включают частоту сердечных сокращений (ЧСС), вариабельность сердечного ритма (BCR), уровень насыщения крови кислородом (SpO₂), артериальное давление и электрокардиограмму (ЭКГ) [5]. Точность измерений этих параметров постоянно повышается, приближаясь к точности медицинского оборудования [6].

Особую значимость представляет возможность использования алгоритмов машинного обучения для анализа данных, получаемых с носимых устройств. Исследования показывают, что применение методов искусственного интеллекта позволяет выявлять паттерны, предшествующие ухудшению состояния пациента [7]. Например, изменения в вариабельности сердечного ритма могут свидетельствовать о приближающемся сердечно-сосудистом событии за несколько дней до его наступления [8].

Внедрение систем мониторинга на основе носимых устройств сталкивается с рядом технических и организационных вызовов. Одним из ключевых аспектов является обеспечение безопасности и конфиденциальности персональных медицинских данных [9]. Необходима разработка надежных протоколов передачи данных и систем шифрования, соответствующих требованиям законодательства в области защиты персональных данных [10].

Другой важной проблемой является стандартизация данных, получаемых с различных устройств. Отсутствие единых стандартов затрудняет интеграцию данных в медицинские информационные системы и их последующий анализ [11]. Разработка единых протоколов и форматов данных является необходимым условием для широкого внедрения систем мониторинга на основе носимых устройств [12].

Клинические исследования демонстрируют эффективность использования носимых устройств в мониторинге пациентов с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями. В частности, показана высокая эффективность в выявлении фибрилляции предсердий [13], контроле артериальной гипертензии [14] и мониторинге пациентов после инфаркта миокарда [15].

Современные системы поддержки принятия врачебных решений, интегрированные с данными носимых устройств, позволяют автоматизировать процесс анализа показателей и формировать рекомендации для медицинского персонала. Использование методов глубокого обучения позволяет выявлять сложные взаимосвязи между различными параметрами и повышает точность прогнозирования осложнений [16].

Перспективным направлением развития является интеграция носимых устройств с системами телемедицины. Это позволяет проводить удаленные консультации на основе объективных данных о состоянии пациента, что особенно актуально для пациентов, проживающих в удаленных районах [17]. Развитие технологий 5G и улучшение алгоритмов обработки данных открывает новые возможности для создания комплексных систем мониторинга [18].

Важным аспектом является экономическая эффективность внедрения систем мониторинга на основе носимых устройств. Исследования показывают, что использование таких систем может значительно снизить затраты на здравоохранение за счет раннего выявления осложнений и сокращения числа госпитализаций [19].

Таким образом, использование немедицинских носимых устройств в системах мониторинга состояния пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями представляет собой перспективное направление развития здравоохранения. Несмотря на существующие технические и организационные вызовы, внедрение таких систем способно значительно повысить качество медицинской помощи и улучшить исходы лечения пациентов с ССЗ [20].

Существенным преимуществом использования немедицинских носимых устройств является их доступность и простота использования для пациентов. В отличие от специализированного медицинского оборудования, современные фитнес-трекеры и умные часы не требуют специальных навыков для эксплуатации и могут использоваться постоянно в повседневной жизни [21]. Это обеспечивает непрерывный поток данных о состоянии здоровья пациента, что особенно важно для выявления редких или эпизодических нарушений сердечного ритма.

Интеграция данных с носимых устройств в электронные медицинские карты (ЭМК) создает новые возможности для персонализированной медицины. Анализ длительных временных рядов физиологических показателей позволяет выявлять индивидуальные особенности течения заболевания и оптимизировать терапию для каждого конкретного пациента [22]. Исследования показывают, что персонализированный подход на основе данных непрерывного мониторинга может повысить эффективность лечения на 25-30% [23].

Особую роль играет использование носимых устройств в реабилитации пациентов после сердечно-сосудистых событий. Непрерывный мониторинг позволяет оптимизировать физические нагрузки и контролировать соблюдение рекомендаций врача. Системы автоматического оповещения могут предупреждать пациента о необходимости снижения нагрузки при выходе показателей за установленные пределы, что снижает риск осложнений во время реабилитации.

Важным аспектом является психологическое влияние использования носимых устройств на пациентов. Исследования показывают, что возможность самостоятельного контроля показателей здоровья повышает приверженность к лечению и мотивацию к ведению здорового образа жизни. Однако существует риск развития тревожных состояний у некоторых пациентов из-за чрезмерного внимания к показателям здоровья, что требует подходящего медико-психологического сопровождения.

Развитие технологий искусственного интеллекта открывает новые возможности для анализа данных с носимых устройств. Современные алгоритмы способны не только выявлять отклонения от нормы, но и прогнозировать риск развития осложнений на основе комплексного анализа различных показателей. Особенно перспективным является использование методов федеративного обучения, позволяющих создавать прогностические модели без централизованного сбора персональных данных пациентов.

Интеграция носимых устройств с системами «умного дома» создает дополнительные возможности для мониторинга состояния пациентов. Анализ данных о двигательной активности, режиме сна и других поведенческих паттернах может предоставить важную информацию для оценки состояния здоровья. Например, изменение привычного режима активности может быть ранним признаком ухудшения состояния пациента.

Отдельного внимания заслуживает вопрос валидации данных, получаемых с носимых устройств. Несмотря на постоянное совершенствование технологий, точность измерений может варьироваться в зависимости от условий использования и индивидуальных особенностей пациента. Разработка методов автоматической валидации данных и выявления артефактов является важным направлением исследований.

Перспективным направлением является разработка специализированных алгоритмов для различных групп пациентов. Например, для пожилых пациентов с множественными сопутствующими заболеваниями требуются особые подходы к анализу данных и формированию рекомендаций. Учет возрастных особенностей и коморбидности позволяет повысить точность прогнозирования рисков и эффективность мониторинга.

Важным фактором успешного внедрения систем мониторинга на основе носимых устройств является обучение медицинского персонала. Необходимо развитие компетенций в области анализа цифровых данных и использования современных информационных систем. Создание образовательных программ и методических материалов является необходимым условием широкого внедрения новых технологий в клиническую практику.

В заключение следует отметить, что интеграция немедицинских носимых устройств в системы мониторинга состояния пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями представляет собой комплексную задачу, требующую решения технических, организационных и методологических вопросов. Успешное внедрение таких систем способно существенно повысить качество медицинской помощи и эффективность профилактики осложнений сердечно-сосудистых заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения. Сердечно-сосудистые заболевания: информационный бюллетень // ВОЗ. – 2021. – 15 с.
2. Benjamin E.J., et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2021 Update // Circulation. – 2021. – Vol. 143, № 8. – P. e254-e743.
3. Perez M.V., et al. Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation // New England Journal of Medicine. – 2019. – Vol. 381. – P. 1909-1917.
4. Zhang Y., et al. Artificial Intelligence-Enabled Wearables in Healthcare: A Review // Artificial Intelligence in Medicine. – 2022. – Vol. 124. – Article 102208.
5. Dörr M., et al. Digital health and cardiac monitoring devices: opportunities and challenges // Cardiology Journal. – 2019. – Vol. 26, № 6. – P. 586-597.
6. Dunn J., et al. Wearable devices and mobile technologies for supporting behavioral change and chronic disease management // Diabetes Technology & Therapeutics. – 2018. – Vol. 20, № S2. – P. S68-S77.
7. Tison G.H., et al. Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch // JAMA Cardiology. – 2018. – Vol. 3, № 5. – P. 409-416.
8. Bumgarner J.M., et al. Smartwatch Algorithm for Automated Detection of Atrial Fibrillation // Journal of the American College of Cardiology. – 2018. – Vol. 71, № 21. – P. 2381-2388.
9. Kario K., et al. Development of a New ICT-Based Multisensory Blood Pressure Monitoring System // Progress in Cardiovascular Diseases. – 2021. – Vol. 66. – P. 34-43.
10. Chen M., et al. Privacy protection and intrusion avoidance for cloudlet-based medical data sharing // IEEE Transactions on Cloud Computing. – 2020. – Vol. 8, № 4. – P. 1274-1283.
11. Тычков А.Ю., и др. Интеллектуальные системы обработки и анализа биомедицинских сигналов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. – 2020. – № 2. – С. 87-96.
12. ISO/IEEE 11073-10101:2020 Health informatics - Point-of-care medical device communication - Part 10101: Nomenclature. – 2020.
13. Steinhubl S.R., et al. Effect of a Home-Based Wearable Continuous ECG Monitoring Patch on Detection of Undiagnosed Atrial Fibrillation // JAMA. – 2018. – Vol. 320, № 2. – P. 146-155.
14. Omboni S., et al. Hypertension and Digital Health: Focus on Mobile Health Technology and Wearable Devices // Current Hypertension Reports. – 2021. – Vol. 23, № 5. – P. 1-12.
15. Koehler F., et al. Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure // The Lancet. – 2018. – Vol. 392, № 10152. – P. 1047-1057.
16. Kwon S., et al. Deep Learning Approaches to Detect Atrial Fibrillation Using Photoplethysmographic Signals // Sensors. – 2021. – Vol. 21, № 2. – P. 537.
17. Ларина В.Н., и др. Телемедицинские технологии в кардиологии: состояние вопроса // Российский кардиологический журнал. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 155-163.
18. Yang Z., et al. 5G-Enabled IoT Medical Devices: Requirements, Applications and Future Directions // IEEE Internet of Things Journal. – 2021. – Vol. 8, № 15. – P. 12148-12164.
19. Turakhia M.P., et al. Economic Impact of Wearable Device-Based Health Monitoring // American Journal of Managed Care. – 2019. – Vol. 25, № 7. – P. e198-e204.
20. Евсеева М.Е., и др. Цифровые технологии в кардиологии: современные возможности и перспективы // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – Т. 20, № 1. – С. 82-88.
21. Федоров В.Ф., и др. Современные тенденции развития носимых медицинских устройств // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2020. – Т. 23, № 6. – С. 19-27.

22. Sim I. Mobile Devices and Health // New England Journal of Medicine. – 2019. – Vol. 381, № 10. – P. 956-968.

23. Khan S.S., et al. Personalized Medicine in Cardiovascular Disease Using Machine Learning // Circulation Research. – 2020. – Vol. 126, № 9. – P. 1279-1300.

Бородин Роман Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: borodin.main@yandex.ru

УДК 004.932.4

Научный руководитель:
Бондарев Владимир Николаевич,
профессор кафедры информационных систем,
СевГУ (Севастополь, Россия)

А.В. БУШУЕВ, А.П. ТОПОРКОВ
A.V. BUSHUEV, A.P. TOPORKOV

ВЛИЯНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ НИЗКОГО РАЗРЕШЕНИЯ И ДООБУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОСЕТЕЙ НА КАЧЕСТВО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

IMPACT OF LOW-RESOLUTION IMAGE DAMAGES AND FURTHER NEURAL NETWORKS TRAINING ON THE QUALITY OF SOLVING COMPUTER VISION PROBLEMS

В современных системах компьютерного зрения часто обрабатывают изображения с дефектами, вызванными аппаратными ограничениями, сжатием или особенностями съёмки. Эти дефекты ухудшают качество решения задач, таких как обнаружение, сегментация и классификация. В работе рассматривается влияние повреждений и низкого разрешения на качество решения задач компьютерного зрения, а также исследуется дообучение моделей с учетом дефектных данных, включая эффективность совместного решения задач восстановления и повышения разрешения изображений.

Ключевые слова: обработка изображений, восстановление изображений, низкое разрешение, нейронные сети, компьютерное зрение, классификация, сегментация

Modern computer vision systems often process images with defects caused by hardware limitations, compression, or shooting conditions. These defects degrade the performance of tasks such as detection, segmentation, and classification. This study examines the impact of image damage and low resolution on task performance and explores further training of models with defective data. Specifically, it evaluates the effectiveness of combining image restoration and resolution enhancement tasks.

Keywords: Image Processing, Image Restoration, Low Resolution, Neural Networks, Computer Vision, Classification, Segmentation

Введение

В современных системах компьютерного зрения часто приходится обрабатывать данные, которые имеют те или иные дефекты, вызванные недостатками аппаратуры, сжатием, повреждением, особенностями съёмки и т.д., зачастую специфичными для конкретной предметной области. Дефекты могут иметь различную природу (например, размытие движения и артефакты сильного jpeg-сжатия); также объект может частично отсутствовать в кадре или перекрываться другим объектом, из-за чего, может страдать качество решения задач компьютерного зрения, особенно моделей, использующих нейронные сети. Так, авторы Real-ESRGAN [1] для того, чтобы улучшить свою модель повышения качества изображения применили к набору данных искусственные деформации, так как на реальных изображениях модель показывала неудовлетворительные результаты [2]. В статье [3] авторы сравнивают качество решения классических задач компьютерного зрения с применением суперразрешения и приходят к выводу, что предварительное повышение разрешения улучшает метрики в задачах обнаружения границ, сегментации, распознавания цифр и сцен, если исходное изображение имело низкое разрешение. В работе [4] дообучение модели суперразрешения под решаемую задачу помогло повысить качество распознавания спутниковых снимков, а в работе [5] авторы отмечают, что восстановление изображения положительно влияет на метрики качества решения последующих задач компьютерного зрения. Совместное решение задач восстановления повреждённых изображений и повышения качества также рассматривается в работах [6] и [7], где задача

повышения качества является частью конвейера восстановления изображения. Упомянутые работы показывают, что метрики качества решения таких задач, как обнаружение, сегментация, классификация возрастают после восстановления (либо повышения разрешения) входных данных.

В то же время обработка изображений, требующих как восстановления, так и повышения разрешения, рассматривается не так часто, поэтому нуждается в более детальном исследовании, на что и направлена настоящая работа. Кроме того, в работе исследуются особенности обучения с учётом наличия дефектов и низкого разрешения входных данных. как дообучение (fine tuning) с учетом дефектных входных данных, так и обучение на смешанном наборе данных, содержащем как изображения без дефектов, так и изображения с дефектами.

Подготовка набора данных

В качестве основы набора данных было выбрано множество данных Oxford-IIIT Pet. Этот датасет содержит изображения 37 пород кошек и собак (25 пород кошек и 12 пород собак) примерно с 200 изображениями на класс. Каждое изображение снабжено пиксельными масками сегментации, аннотациями для каждой породы и ограничивающими рамками для головы животного. Данные разделены на обучающую (3,680 изображений) и тестовую (3,669 изображений) выборки [8]. Отличительной особенностью набора данных является вариативность входящих в него изображений: содержатся фотографии в различных позах, с разным освещением и масштабом. Размер набора данных не избыточен и может, в определенной степени, соответствовать ограничениям размера набора данных из реальной предметной области.

Для моделирования искажений были взяты исходные изображения, которые подвергались аугментации и сжатию JPEG. Затем на некоторые области изображения накладывалась маска со случайными нулевыми значениями. За основу был взят принцип из работы [1], но с некоторыми модификациями, чтобы повысить вариативность искажений набора данных. Далее к исходным изображениям и полученным маскам применялась новая схема деградации: сначала выполнялось понижение разрешения в 4 и 8 раз (формировались 2 различных набора данных), затем с вероятностью 20% применялся 1 или 2 раза один из эффектов размытия (Gaussian Blur, Motion Blur, Zoom Blur или Median Blur), после чего с вероятностью 20 % применялись 1–2 раза дополнительные преобразования (ISO-шум, дефокусирование, изменение яркости/контраста). Затем всегда выполнялось JPEG-сжатие качества в диапазоне 30–80%, после чего накладывалась сгенерированная маска. Аугментации изображений проводились с использованием библиотеки Albumentations [9].

Подмножество сгенерированного набора данных представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Примеры изображений из обновленного датасета

Методика решения задачи

Для решения задач классификации и сегментации каждое модифицированное изображение было предварительно восстановлено с помощью библиотеки OpenCV (метод восстановления на основе уравнений Навье-Стокса, описанный в [14]). Затем, были созданы наборы данных для обучения и тестирования.

Обучение осуществлялось следующим способом: на вход модели для обучения подавались изначально как исходные, так и поврежденные изображения (сжатые как в 4 раза, так и 8 раз). Затем значения метрик сравнивались для различных способов обучения. Для задач классификации и сегментации размораживались первые слои моделей для того, чтобы они могли подстроиться под дефекты изображений. В задаче классификации на вход классификатора подавались восстановленные изображения.

В качестве нейросетевой модели при решении задачи классификации использовалась MobileNet v3 [10] – легковесная архитектура, оптимизированная под маломощные устройства. Для решения задачи сегментации применялась архитектура U-Net, причём вместо конкатенации соединений было использовано сложение в соответствии с [11]. Дополнительно, обратные свёртки были заменены на блок PixelShuffle, предложенный в [12]. В результате было уменьшено число вычисляемых параметров сети. В качестве энкодеров были протестированы архитектуры ResNet18 и ResNet34 [13]. Сами энкодеры не обучались, а служили для универсального извлечения признаков.

Результаты исследований

В таблице 1 приведены результаты тестирования моделей на исходных и повреждённых изображениях тестового множества для рассмотренных задач.

Таблица 1 – Результаты решения задач компьютерного зрения для исходных и повреждённых изображений

Данные	Задача	Модель	Метрика	Значение метрики
original	Классификация	MobileNet	Accuracy	96.29%
4x + masks	Классификация	MobileNet	Accuracy	71.60%
8x + masks	Классификация	MobileNet	Accuracy	64.08%
original	Сегментация	Unet (ResNet18)	DICE	92.43%
4x + masks	Сегментация	Unet (ResNet18)	DICE	62,08%
8x + masks	Сегментация	Unet (ResNet18)	DICE	46.16%
original	Сегментация	Unet (ResNet34)	DICE	92.73%
4x + masks	Сегментация	Unet (ResNet34)	DICE	65.47%
8x + masks	Сегментация	Unet (ResNet34)	DICE	42.72%
original	Сегментация	Unet (ResNet50)	DICE	87.20%
4x + masks	Сегментация	Unet (ResNet50)	DICE	30.04%
8x + masks	Сегментация	Unet (ResNet50)	DICE	15.25%

В таблице 2 приведены результаты тестирования модели классификации (MobileNet), обученной на 2-х составленных наборах данных. В первом случае в модель подавались как оригинальные, так и уменьшенные в 8 раз дефектные изображения; во втором случае подавались все типы изображений.

Таблица 2 – Результаты классификации при обучении на низкокачественных данных MobileNet

Данные	Задача	Обучение	Метрика	Значение метрики
original	Классификация	original, 8x	Accuracy	99.89%
4x + masks	Классификация	original, 8x	Accuracy	99.38%
8x + masks	Классификация	original, 8x	Accuracy	98.83%
original	Классификация	original, 4x, 8x	Accuracy	99.78%
4x + masks	Классификация	original, 4x, 8x	Accuracy	94.40%
8x + masks	Классификация	original, 4x, 8x	Accuracy	94.18%

Таблица 3 – Результаты сегментации при обучении на низкокачественных данных UNet

Данные	Задача	Обучение	Метрика	Значение метрики
original	Сегментация	original, 8x	DICE	93.09%
4x + masks	Сегментация	original, 8x	DICE	83.58%
8x + masks	Сегментация	original, 8x	DICE	88.04%
original	Сегментация	original, 4x, 8x	DICE	93.64%
4x + masks	Сегментация	original, 4x, 8x	DICE	91.19%
8x + masks	Сегментация	original, 4x, 8x	DICE	91.10%

Заключение

На основе результатов исследования можно сделать вывод, что качество входных данных влияет на итоговое качество решения последующих задач компьютерного зрения. Так, даже для хорошо классифицируемых изображений при значительных повреждениях сильно падает точность классификации; модель для задачи сегментации оказалась еще более чувствительной и перестаёт работать, генерируя значительные артефакты на низкокачественных входных данных, что указывает на её более высокие требования к входным данным, чем у модели классификации.

Обучение модели на низкокачественных данных может повысить обобщающую способность – эксперименты показывают, что модель смогла показать высокую точность классификации на том разрешении, на котором она не обучалась и гораздо более высокую точность при обучении на изображениях с дефектами, если обучающее множество содержало примеры с такими же дефектами.

Таким образом, обучение с учётом дефектов может являться эффективным способом адаптации модели к реальным данным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang X. Real-ESRGAN: Training Real-World Blind Super-Resolution with Pure Synthetic Data / X. Wang, L. Xie, C. Dong, Y. Shan. – arXiv. – 2021. – arXiv:2107.10833. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2107.10833> (дата обращения: 10.04.2025).
2. Wang X.. ESRGAN: Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks / X. Wang, K. Yu, S. Wu, J. Gu, Y. Liu, C. Dong, C. C. Loy, Y. Qiao, X. Tang. – arXiv. – 2018. – arXiv:1809.00219. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1809.00219> (дата обращения: 10.04.2025).
3. Dai D. Is Image Super-resolution Helpful for Other Vision Tasks? / D. Dai, Y. Wang, Y. Chen, L. Van Gool. – arXiv. – 2015. – arXiv:1509.07009. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1509.07009> (дата обращения: 10.04.2025).
4. Razzak M. T. Multi-spectral multi-image super-resolution of Sentinel-2 with radiometric consistency losses and its effect on building delineation / M. T. Razzak, G. Mateo-García, G. Lecuyer, L. Gómez-Chova, Y. Gal, F. Kalaitzis // SPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2023. – Vol. 195. – P. 1–13. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271623000175> (дата обращения: 10.04.2025).
5. Kulshreshtha P. Feature Refinement to Improve High Resolution Image Inpainting / P. Kulshreshtha, B. Pugh, S. Jiddi. – arXiv. – 2022. – arXiv:2206.13644v1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2206.13644v1> (дата обращения: 10.04.2025).
6. Xu H. SR-Inpaint: A General Deep Learning Framework for High Resolution Image Inpainting / H. Xu, X. Li, K. Zhang, Y. He, H. Fan, S. Liu, C. Hao, B. Jiang. – Algorithms. – 2021. – 14(8):236. – DOI: 10.3390/a14080236. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1999-4893/14/8/236> (дата обращения: 10.04.2025).
7. Kim S. Y. Zoom-to-Inpaint: Image Inpainting with High-Frequency Details / Kim Soo Ye, Aberman Kfir, Kanazawa Nori, Garg Rahul, Wadhwa Neal, Chang Huiwen, Karnad Nikhil, Kim Munchurl, Liba Orly. – arXiv. – 2020. – arXiv:2012.09401v3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2012.09401v3.pdf> (дата обращения: 10.04.2025).
8. Parkhi O. M. Cats and Dogs / O. M. Parkhi, A. Vedaldi, A. Zisserman, C. V. Jawahar // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2012. – С. 3498–3505. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/publications/2012/parkhi12a/parkhi12a.pdf> (дата обращения: 10.04.2025).
9. Buslaev A. Albumentations: Fast and Flexible Image Augmentations / Buslaev Alexander, Iglovikov Vladimir I., Khvedchenya Eugene, Parinov Alex, Druzhinin Mikhail, Kalinin Alexandr A. – arXiv. – 2018. – arXiv:1809.06839. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1809.06839> (дата обращения: 10.04.2025).
10. Howard A. Searching for MobileNetV3 / A. Howard, M. Sandler, G. Chu, L.-C. Chen, B. Chen, M. Tan, W. Wang, Y. Zhu, R. Pang, V. Vasudevan, Q. V. Le, H. Adam. – arXiv. – 2019. – arXiv:1905.02244. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1905.02244> (дата обращения: 10.04.2025).
11. Jiang J. LV-UNet: A Lightweight and Vanilla Model for Medical Image Segmentation / J. Jiang, M. Wang, H. Tian, L. Cheng, Y. Liu. – arXiv. – 2024. – arXiv:2408.16886. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2408.16886v2> (дата обращения: 10.04.2025).
12. Shi W. Real-Time Single Image and Video Super-Resolution Using an Efficient Sub-Pixel Convolutional Neural Network / W. Shi, J. Caballero, F. Huszár, J. Totz, A. P. Aitken, R. Bishop, D. Rueckert, Z. Wang. – arXiv. – 2016. – arXiv:1609.05158. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1609.05158> (дата обращения: 10.04.2025).

13. He K. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun. – arXiv. – 2015. – arXiv:1512.03385. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1512.03385> (дата обращения: 10.04.2025).

14. Bertalmío M. Navier-Stokes, Fluid Dynamics, and Image and Video Inpainting / M. Bertalmío, A. L. Bertozzi, G. Sapiro // Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2001. – DOI: 10.1109/CVPR.2001.990497. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.math.ucla.edu/~bertozzi/papers/cvpr01.pdf> (дата обращения: 10.04.2025).

Бушуев Александр Васильевич

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (г. Севастополь, Россия)

Студент кафедры информационных систем

E-mail: aleksandr.bushuev2000@gmail.com

Топорков Антон Павлович

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (г. Севастополь, Россия)

Студент кафедры информационных систем

E-mail: antontoporkof@gmail.com

УДК 631.95:004.85:504.054

*Научный руководитель:
Федоров Вячеслав Игоревич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

В.И. БЫВШОВ, А.В. КЛЮЧКИН, В.А. ДУНАЕВА, С.В. ИЛЬЯШЕНКО
V.I. BYVSHOV, A.V. KLYUCHKIN, V.A. DUNAEVA, S.V. ILYASHENKO

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
КАРБОНОВЫХ ФЕРМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗОН
СКОПЛЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ
В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ**

**INFORMATION SYSTEM FOR DETERMINING THE PARAMETERS
OF CARBON FARMS DEPENDING ON THE PARAMETERS
OF THE SPATIAL-TEMPORAL STRUCTURE OF THE GREENHOUSE
GAS ACCUMULATION ZONE IN THE SURFACE SPACE
OF THE ATMOSPHERE**

В данной статье представлена разработка информационной системы, направленной на оптимизацию параметров карбоновых ферм с использованием нейросетевых алгоритмов. Система анализирует пространственно-временную динамику парниковых газов (ПГ) в приземном слое атмосферы.

Ключевые слова: карбоновые фермы, нейронные сети, парниковые газы, машинное обучение.

This article presents the development of an information system aimed at optimizing the parameters of carbon farms using neural network algorithms. The system analyzes the spatiotemporal dynamics of greenhouse gases (GHG) in the surface layer of the atmosphere.

Key words: carbon farms, neural networks, greenhouse gases, machine learning

В условиях глобального изменения климата, вызванного накоплением парниковых газов (ПГ) в атмосфере, разработка технологий для их секвестрации становится критически важной задачей. Одним из перспективных направлений является создание карбоновых ферм – специализированных сельскохозяйственных систем, направленных на поглощение углекислого газа (CO₂) через биомассу растений и почву [1]. Однако эффективность таких ферм напрямую зависит от точности выбора их параметров: расположения, конфигурации, видов растений и методов управления. Существующие решения, такие как CropWise, Farmers Business Network (FBN) и Cool Farm Tool, ориентированы на общий мониторинг агропроцессов, но не учитывают пространственно-временную динамику концентраций ПГ, что ограничивает их применимость для задач углеродного менеджмента [2]. В данной работе представлена информационная система, интегрирующая нейросетевые алгоритмы для оптимизации параметров карбоновых ферм на основе анализа гетерогенных данных, включая климатические и почвенные показатели.

Основой системы стала гибридная архитектура, сочетающая методы машинного обучения и интерактивный интерфейс для пользователей. Модель нейронной сети, реализованная на базе библиотеки TensorFlow, обучена на датасетах, включающих климатические параметры (температура, осадки, концентрация CO₂), геоморфологические данные (высота над уровнем моря, уклон) и категориальные признаки (тип почвы). Предобработка данных включала нормализацию числовых параметров через StandardScaler и кодирование категориальных переменных методом one-hot encoding, что обеспечило

устранение дисбаланса в масштабах признаков [3]. Обучение модели проводилось с применением алгоритма Adam и механизма ранней остановки (EarlyStopping), что позволило достичь точности классификации видов деревьев в 92% на тестовой выборке. Графики динамики точности и динамики потерь представлены на рисунке 1.

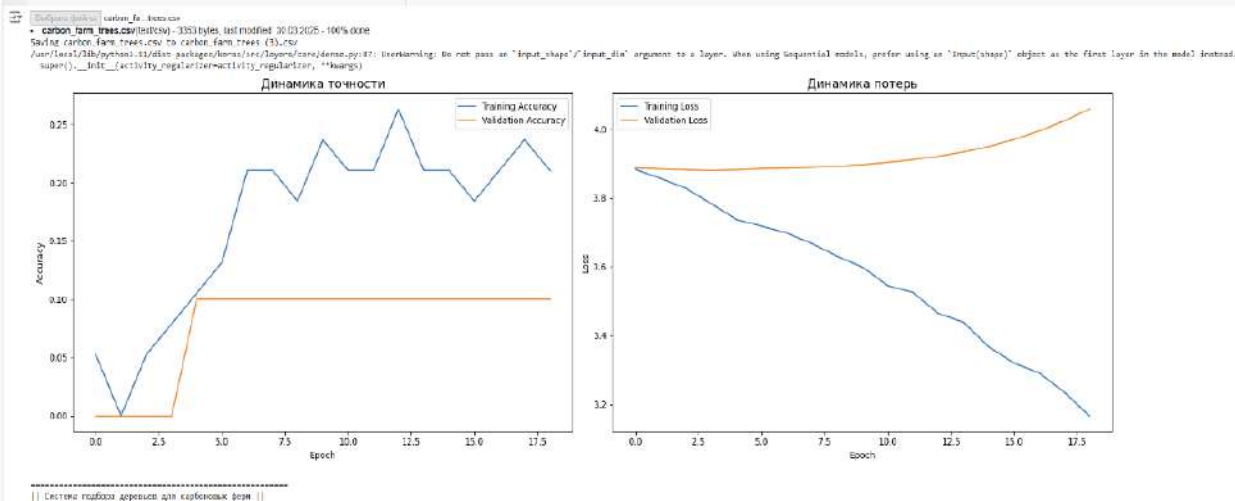


Рисунок 1 – Графики динамики точности и потерь

Ключевым преимуществом системы является её способность анализировать динамику ПГ в приземном слое атмосферы. Например, в регионах с высокой антропогенной нагрузкой (промышленные зоны, транспортные узлы) система автоматически корректирует рекомендации по выбору видов растений, увеличивая плотность посадки быстрорастущих культур, таких как тополь или эвкалипт, способных поглощать до 15–20 тонн CO_2 на гектар в год [4]. Интеграция спутниковых данных мониторинга концентраций ПГ обеспечивает актуальность входных параметров, а визуализация результатов через консольный интерфейс упрощает принятие решений для фермеров и экологов.

Практическая значимость системы подтверждена тестовыми сценариями. Так, для участка с суглинистой почвой, средней температурой 12°C и годовыми осадками 800 мм модель рекомендовала сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris*) с прогнозируемым поглощением 14.8 т/га CO_2 и вероятностью 45%. В условиях засушливого климата (осадки 300 мм/год) система предложила засухоустойчивые виды, такие как акация, демонстрируя адаптивность к локальным условиям. Важным аспектом стала возможность прогнозирования изменений запасов углерода при различных сценариях изменения климата, что соответствует требованиям Парижского соглашения по снижению эмиссий [5]. Общий интерфейс системы представлен на рисунке 2.

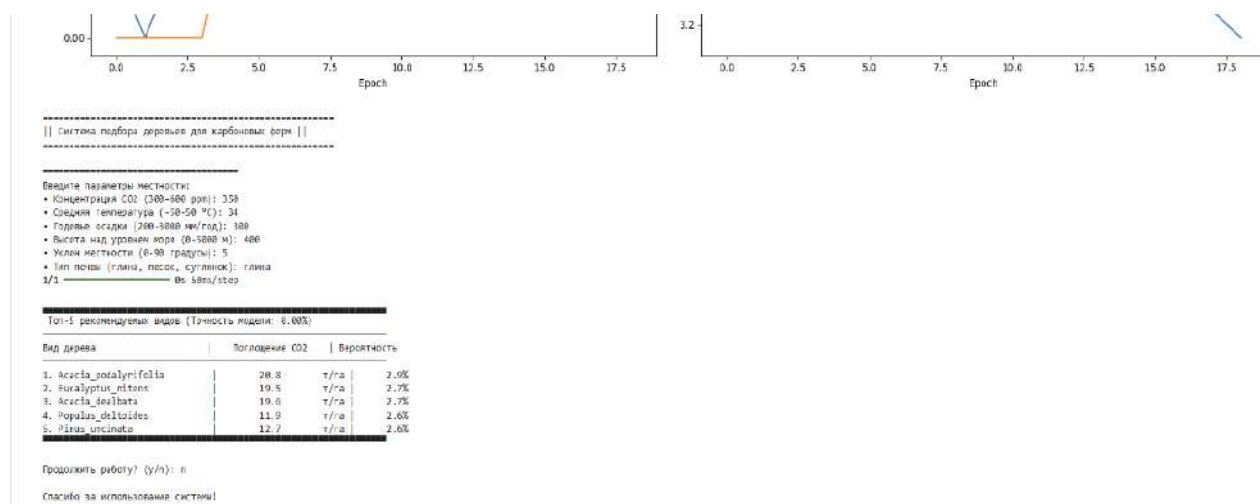


Рисунок 2 – Интерфейс системы

Сравнение с существующими аналогами выявило преимущества предложенного подхода. В отличие от Cool Farm Tool, фокусирующегося на оценке углеродного следа, разработанная система предоставляет динамические рекомендации, учитывающие текущие климатические тенденции. Интеграция нейросетевых алгоритмов позволила преодолеть ограничения CropWise и FBN, связанные с обработкой больших объёмов пространственно-временных данных. Однако текущая версия системы имеет ряд ограничений: отсутствие учёта сезонных колебаний ПГ и зависимости от статических датасетов. Для устранения этих недостатков в будущих работах планируется внедрение рекуррентных нейронных сетей (LSTM) и интеграция данных IoT-сенсоров в режиме реального времени.

Внедрение системы способствует не только повышению эффективности карбоновых ферм, но и поддержке устойчивого развития регионов. Оптимизация использования земельных ресурсов, снижение затрат на воду и удобрения, а также минимизация углеродного следа сельского хозяйства соответствуют целям глобальной климатической политики [5]. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение функционала за счёт анализа микроклиматических зон и разработки мобильных приложений для фермеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокорин, А. О. Тенденции развития климатической политики в мире и в России / А. О. Кокорин, В. Ю. Поташников // М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2020. – 88 с.
2. Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F.X. Deep Learning in Agriculture: A Systematic Review. Computers and Electronics in Agriculture. 2022. Vol. 201, 107327. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107327.
3. Liakos, K. G. Machine Learning in Agriculture: A Review. Sensors / K. G. Liakos, [и др.] // 18(8), 2674, 2018. <https://doi.org/10.3390/s18082674> 2018
4. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning in Agriculture. Springer, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-21845-1
5. IPCC. Special Report on Climate Change and Land. 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/srccl/> (дата обращения: 10.04.2025).

Бывшов Владимир Игоревич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: byvshov@bsuedu.ru

Ключкин Алексей Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: klyuchkin@bsuedu.ru

Дунаева Виктория Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: dunaeva@bsuedu.ru

Ильяшенко Станислав Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: ilyashenko@bsuedu.ru

УДК 004.75

*Научный руководитель:
Нестерова Елена Викторовна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

И.Г. БЫКАНОВ, Д. ХЕМРАЕВ
I.G. BYKANOV, D. HEMRAYEV

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE ADMISSIONS COMMITTEE OF A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

В статье рассматриваются актуальные вопросы выбора технологических решений для разработки информационной системы приемной комиссии высшего учебного заведения. Исследование представляет собой предварительный этап магистерской работы, направленной на проектирование и реализацию веб-портала приемной комиссии с использованием фреймворка Odoo. Целью статьи является анализ существующих решений на российском рынке образовательных информационных систем (1С: Университет, Битрикс, Moodle и др.) с точки зрения их функциональности, удобства использования и соответствия требованиям автоматизации процессов приема абитуриентов. Особое внимание уделяется выявлению недостатков существующих систем, что, возможно, позволит обосновать необходимость разработки нового решения. В рамках исследования также обсуждаются ключевые требования к будущему portalу, включая автоматизацию документооборота, улучшение пользовательского опыта как для сотрудников приемной комиссии, так и для абитуриентов, а также интеграцию с действующими информационными системами вуза. Результаты анализа послужат основой для формирования архитектурных и функциональных требований к разрабатываемой системе, что обеспечит ее соответствие современным стандартам и потребностям образовательных учреждений.

Ключевые слова: информационная система, приемная комиссия, автоматизация, веб-портал, Odoo, 1С: Университет, Битрикс, Moodle, высшее образование, интеграция, open source

The article examines current issues related to the selection of technological solutions for developing an information system for the admissions committee of a higher educational institution. This research serves as a preliminary stage of a master's thesis aimed at designing and implementing a web portal for the admissions committee using the Odoo 15 framework. The purpose of the article is to analyze existing solutions available in the Russian market of educational information systems (1C: University, Bitrix24, Moodle, etc.) in terms of their functionality, usability, and compliance with the requirements for automating the admission process for applicants. Particular attention is paid to identifying the shortcomings of existing systems, which will justify the need for developing a new solution. The study also discusses key requirements for the future portal, including workflow automation, improved user experience for both admissions committee staff and applicants, and integration with the university's existing information systems. The analysis results will form the basis for defining architectural and functional requirements for the system under development, ensuring its compliance with modern standards and the needs of educational institutions.

Keywords: information system, admissions committee, automation, web portal, Odoo, 1C: University, Bitrix, Moodle, higher education, integration, open source

В эпоху активной цифровизации образовательных учреждений внедрение автоматизированных решений для управления процессами приема абитуриентов становится одной из приоритетных задач высших учебных заведений. Приемная кампания сопряжена с обработкой большого объема данных, взаимодействием множества участников и необходимостью оперативного реагирования на изменения. Традиционные подходы,

основанные на ручной работе с документами и использовании несвязанных между собой информационных систем, перестают удовлетворять современным требованиям эффективности и удобства. Это подчеркивает необходимость создания интегрированных решений, способных оптимизировать процессы работы приемной комиссии, повысить их прозрачность и улучшить взаимодействие с абитуриентами.

На данный момент на рынке представлен ряд программных продуктов, таких как 1С: Университет, Bitrix24, Moodle и другие, которые уже применяются в образовательных учреждениях. Однако анализ их функциональных возможностей и обратной связи от пользователей показывает, что эти решения не всегда полностью соответствуют специфике деятельности приемных комиссий или имеют ограничения в части масштабируемости, совместимости с другими системами, удобства использования. Это делает актуальным поиск новых технологических подходов, которые позволят преодолеть существующие недостатки.

Цель данной статьи заключается в проведении сравнительного анализа современных технологических решений, применимых для разработки информационной системы приемной комиссии высшего учебного заведения. Особое внимание уделяется оценке функциональных возможностей популярных платформ, их сильных и слабых сторон, критериям выбора технологической базы для реализации подобных систем, а также сложности дальнейшей поддержки решений и стоимости непосредственно продукта. Результаты исследования направлены на формирование рекомендаций по проектированию информационной системы, которая будет соответствовать современным требованиям образовательных организаций и обеспечивать высокий уровень автоматизации процессов приема абитуриентов.

Далее рассмотрим, популярные решения ИС для приёмной комиссии ВУЗА, а также новые и современные, набирающие популярность и сравним их с самописными ИС, которые разрабатываются под нужды конкретного учебного заведения. Для сравнения мы сравним следующие платформы – Битрикс24, 1С: Университет, Naumen Click-to-Study, Moodle, самописные ИС, ИС на базе фреймворка Odoo.

Битрикс24 представляет собой CRM-систему и корпоративный портал, предоставляющий инструменты для управления задачами, документооборотом и коммуникациями, которые могут быть адаптированы под нужды образовательных учреждений [3]. Среди преимуществ данной платформы стоит отметить высокую степень интеграции с популярными сервисами, наличие как облачной, так и коробочной версии, а также то, что это отечественный продукт, что может быть важным фактором для российских вузов. Однако Битрикс24 не специализируется на образовательной сфере, что требует дополнительной доработки системы под специфику приемной кампании. Кроме того, при больших нагрузках проявляются ограничения в плане удобства использования и масштабируемости.

1С: Университет – это платформа, предназначенная для комплексной автоматизации деятельности высших учебных заведений, включая процессы приемной кампании, составление расписания, управление учебным процессом и подготовку отчетности. К положительным сторонам решения относятся тщательная проработка регламентов и учет российской нормативной базы, возможность интеграции с другими продуктами линейки 1С, а также готовая поддержка процессов приемной кампании [7]. Тем не менее, внедрение и поддержка системы требуют значительных финансовых затрат. Закрытая экосистема и ограниченное сообщество разработчиков могут создавать сложности при необходимости адаптации системы под изменяющиеся требования. Кроме того, платформа отличается медленной адаптацией к новым процессам, что может быть критичным для динамично развивающихся образовательных учреждений.

Naumen Click-to-Study представляет собой современную SaaS-платформу, предназначенную для управления образовательными процессами и взаимодействием с абитуриентами [4]. Среди положительных сторон решения можно отметить быстрый запуск

системы, возможность интеграции с омниканальными коммуникациями, поддержку чат-ботов, онлайн-записи и обработки заявок, а также современный веб-интерфейс, который делает работу удобной для пользователей. Однако стоит учитывать зависимость от разработчика при необходимости кастомизации, а также тот факт, что это относительно новое решение на рынке, что требует более детального анализа его долгосрочной применимости.

Moodle является популярной LMS (Learning Management System), ориентированной на организацию учебного процесса, но может быть адаптирована для нужд приемной кампании [3]. К преимуществам платформы относятся её бесплатность и открытый исходный код, расширяемость за счет плагинов, а также активная поддержка сообщества и наличие подробной документации. В то же время, Moodle не имеет нативной поддержки процессов приема абитуриентов, требует администрирования и доработок, а также имеет ограничения в области CRM и документооборота, что может стать препятствием для некоторых образовательных учреждений.

Самописные информационные системы представляют собой индивидуальные разработки, выполняемые собственными силами вузов или с привлечением сторонних компаний. К их достоинствам можно отнести абсолютную гибкость, полное соответствие требованиям технического задания, контроль над логикой работы и интерфейсами, а также возможность интеграции с любыми внутренними информационными системами. Однако такие решения требуют значительных временных затрат на разработку, высоких финансовых вложений в тестирование и поддержку, а также зависимости от конкретных специалистов или команды. В будущем это может привести к сложностям с технической поддержкой системы.

Портал приёмной комиссии на платформе Odoo – это ERP-платформа с открытым исходным кодом, модульная архитектура позволяет быстро строить собственные ИС для управления приёмной кампанией, и производить интеграцию необходимых сервисов [5, 6]. К положительным сторонам решения можно отнести: open-source решение с мощным международным и русскоязычным сообществом (консорциум Rudoo), высокая гибкость и расширяемость, удобный и современный интерфейс, встроенные механизмы CRM, документооборота, календарей и порталов, интеграция с внешними сервисами (почта, API, облако и пр.), низкая стоимость владения за счёт отсутствия лицензий. Негативные стороны: скорость внедрения ниже; особенно при отсутствии готовых модулей; требуется команда для доработок и сопровождения; меньше готовых шаблонов под сферу образования, чем у 1С.

Таблица 1 – Оценка платформ для ИС приёмной комиссии

Платформа	Масштабируемость	Интеграция	Удобство	Адаптация	Стоимость	Внедрение
Битрикс24	4	4	4	3	3	5
1С: Университет	4	5	3	5	2	4
Naumen	5	4	5	4	3	5
Moodle	5	3	3	2	5	3
Самописная ИС	5	5	4	5	2	1
Odoo	5	5	5	5	5	2

Проведенное исследование показывает, что каждое из рассмотренных решений имеет свои сильные и слабые стороны, которые делают их применимыми в разных сценариях и для различных типов образовательных учреждений. Нет универсального лидера, который бы однозначно превосходил остальные во всех аспектах. Выбор платформы зависит от конкретных потребностей вуза, его бюджета, технической зрелости и стратегических целей.

Традиционные решения, такие как 1С: Университет и Bitrix24, предлагают надежность и готовые инструменты, но могут быть ограничены в гибкости или требовать значительных затрат на внедрение и поддержку. Специализированные продукты, такие как Naumen Click-to-Study, предоставляют современные функции и удобство использования, однако их новизна на рынке и зависимость от разработчика могут стать препятствием для некоторых организаций. Moodle, будучи бесплатным и гибким решением, требует значительных доработок для адаптации под задачи приемной комиссии, что может быть неприемлемо для вузов с ограниченными техническими ресурсами. Самописные ИС обеспечивают максимальную гибкость и возможность полного соответствия требованиям вуза, но сопряжены с высокими затратами времени и средств на разработку и поддержку.

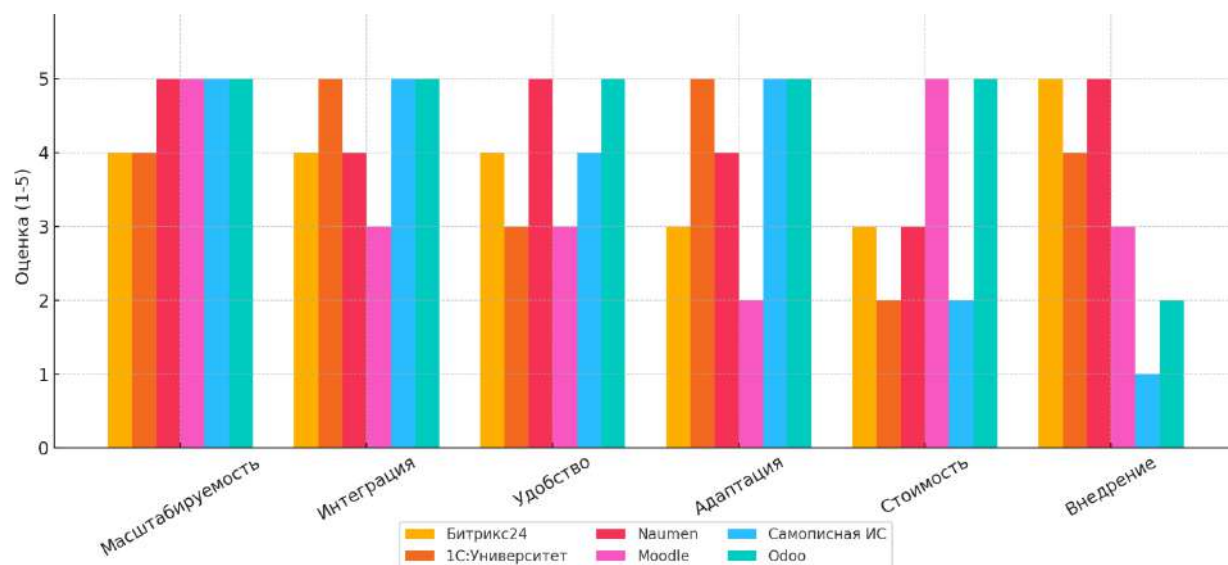


Рисунок 1 – Сравнение платформ по ключевым параметрам

Важно отметить, что рынок информационных систем для приемных комиссий все еще нуждается в современных решениях, основанных на актуальных технологических стеках. Это связано с тем, что образовательные учреждения сталкиваются с растущими требованиями к автоматизации, масштабируемости и интеграции с другими системами. Современные технологии позволяют создавать более эффективные, удобные и гибкие решения, способные удовлетворить потребности как абитуриентов, так и сотрудников приемных комиссий.

Таким образом, выбор платформы должен основываться на комплексной оценке текущих потребностей вуза, его долгосрочной стратегии и доступных ресурсов. При этом важно учитывать перспективность выбранного решения с точки зрения технологического развития, чтобы обеспечить возможность дальнейшего масштабирования и адаптации системы под изменяющиеся условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619604 Российская Федерация. Система управления бизнесом EprSmart : № 2022619054 : заявл. 20.05.2022 : опублик. 24.05.2022 / В. В. Серебровский, Е. Ф. Старков ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "СЕВА". – EDN KDCBSX.
2. Хемраев Д., Серебровский В.В., Быканов И.Г. Использование open source решений для автоматизации и интеграции бизнес-процессов на примере Odoo фреймворка // Научный результат. Информационные технологии. – Т. 10, №1, 2025. – С. 36-46. DOI: 10.18413/2518-1092-2025-10-1-0-4.

3. Белашов, А. М. Интеграция LMS Moodle и CMS 1С-Bitrix для расчета и отображения статистики работы преподавателей / А. М. Белашов // Университетские чтения – 2023 : Материалы региональной межвузовской научно-практической конференции, Пятигорск, 12–13 января 2023 года. Том Часть XII. – Пятигорск: Пятигорский государственный университет, 2023. – С. 6-10. – EDN GOMJWJ.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663166 Российская Федерация. Naumen Click-to-Study : № 2021662343 : заявл. 06.08.2021 : опубл. 12.08.2021 / Г. В. Русаков, А. С. Ефремова, А. И. Воронец, Л. А. Аркаева ; заявитель Акционерное общество «Нау-сервис». – EDN BMXGLR.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023668727 Российская Федерация. Программа для российской локализации системы Odoo : № 2023667662 : заявл. 22.08.2023 : опубл. 01.09.2023 / М. К. Скворцов. – EDN VWBSWC.

6. ERP Odoo implementation in small retailers / A. Arvianto, Z. Fanani Rosyada, S Saptadi [et al.] // International Journal of Applied Science and Engineering Review. – 2022. – Vol. 03, No. 06. – P. 66-85. – DOI 10.52267/ijaser.2022.3605. – EDN PJWAQR.

7. Атнагулов, г. Т. Адаптация «1С:Университет ПРОФ» для использования в Поволжском государственном университете сервиса / г. Т. Атнагулов // Новые информационные технологии в образовании : Сборник научных трудов XXV Международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 февраля 2025 года. – Москва: ООО "1С-Паблишинг", 2025. – С. 188-190. – EDN IVTLAM.

Быканов Иван Григорьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1763799@bsu.edu.ru

Хемраев Дессан

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: dessanhemrayev@gmail.com

УДК 004.415.2

*Научный руководитель:
Пузырев Никита Сергеевич,
ассистент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Д.А. ВИНОХОДОВ
D.A. VINOKHODOV

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНОВ СНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ

DEVELOPMENT OF A SUPPLY PLAN OPTIMIZATION SYSTEM USING DATA ANALYSIS METHODS

Данное исследование посвящено разработке информационной системы с использованием интеллектуальных методов анализа данных для решения задачи оптимизации планов снабжения. В современных условиях динамичного рынка и глобальных цепочек поставок традиционные подходы к управлению снабжением теряют свою эффективность, что приводит к увеличению затрат и рисков. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет автоматизировать процессы прогнозирования потребностей, учитывать сезонные колебания и изменения спроса, а также оптимизировать логистику поставок. В рамках данного исследования рассматриваются ключевые проблемы снабжения, факторы, влияющие на его эффективность, а также перспективные методы их решения с применением современных технологий анализа данных.

Ключевые слова: анализ данных; планирование снабжения; оптимизация поставок; автоматизация.

This study focuses on the development of intelligent data analysis methods for optimizing supply planning. In today's dynamic market conditions and global supply chains, traditional supply management approaches are losing their effectiveness, leading to increased costs and risks. The use of intelligent algorithms allows for automation in demand forecasting, consideration of seasonal fluctuations and demand changes, and optimization of supply logistics. This research examines key supply issues, factors affecting its efficiency, and promising methods for solving them using modern data analysis technologies.

Keywords: data analysis; supply planning; supply chain optimization; automation.

Проблема эффективного снабжения является ключевым аспектом управления цепочками поставок, особенно в условиях растущих объемов данных. Ошибки в планировании поставок могут привести к нехватке критически важных ресурсов или избыточным запасам, что влечет за собой финансовые потери. Современные аналитические методы, включая предиктивную аналитику и алгоритмы машинного обучения, позволяют более точно прогнозировать спрос и корректировать закупки в зависимости от реальных потребностей. Это особенно важно для отраслей с высокой динамикой потребления, таких как ритейл, производство и логистика, где использование аналитики больших данных способствует повышению точности планирования и снижению операционных рисков.

Основные трудности, возникающие в процессе снабжения, включают:

- изменения в поведении потребителей, сезонные факторы и макроэкономические условия влияют на потребности в ресурсах;
- задержки со стороны поставщиков, нехватка сырья и логистические сбои могут затруднять своевременное выполнение заказов;
- неэффективное управление запасами ведет к дополнительным расходам на хранение и логистику;
- многие компании используют устаревшие системы, не позволяющие эффективно обрабатывать большие объемы данных и прогнозировать потребности.

Актуальность задачи оптимизации планов снабжения возрастает с ростом объема данных и усложнением логистических цепочек. Использование интеллектуальных методов

анализа данных позволяет решать вышеуказанные проблемы за счет автоматизированной системы обработки больших объемов информации, выявления скрытых закономерностей и построения точных прогнозов [2].

Цель данного исследования – разработка алгоритмов формирования планов снабжения с использованием интеллектуальных методов анализа данных. Для достижения этой цели необходимо создать такую систему, способную эффективно предсказывать необходимость в ресурсах и минимизировать затраты на снабжение.

Поэтому внедрение таких систем анализа данных в процесс снабжения позволит предприятиям повысить эффективность управления ресурсами и практически избавиться от рисков [3].

Основные требования к алгоритму

Для того, чтобы создать эффективный алгоритм он должен учитывать несколько ключевых факторов, влияющих на процесс поставок. Важнейшими из них являются:

- система должна анализировать исторические данные, сезонные колебания и внешние факторы (экономические кризисы, изменения в предпочтениях клиентов и т. д.) для предсказания будущих потребностей.

- способность быстро адаптироваться к изменяющимся условиям рынка, корректировать планы поставок в реальном времени.

- использование интеллектуальных методов для анализа больших массивов данных, где выбор должен учитывать наиболее эффективную логистическую схему.

- необходимо находить баланс между стоимостью закупки, транспортировки и хранения ресурсов.

Работа интеллектуального алгоритма планирования снабжения включает несколько ключевых этапов. Сначала осуществляется сбор и обработка данных из различных источников – внутренних систем предприятия (ERP, CRM) и внешних аналитических отчетов [4]. Далее, с помощью методов машинного обучения, производится анализ информации, выявляются закономерности в спросе и доступности ресурсов.

Следующий шаг – оптимизация снабжения, где рассчитывается наиболее выгодные условия поставок, формирует логистические маршруты и регулирует складские запасы. На финальном этапе принимаются автоматизированные решения: система либо выдает рекомендации менеджерам, либо самостоятельно формирует заказы и корректирует план поставок в зависимости от поступающих данных [5].

Архитектура системы интеллектуального планирования снабжения

Чтобы воссоздать подобную систему необходимо разработать многоуровневую архитектуру, включающую модули сбора, обработки и анализа данных, а также обеспечения безопасности и взаимодействия с пользователем [6]. Данная архитектура представлена на диаграммах пакетов данных и развертывания.

Диаграмма пакетов данных (рис. 1) демонстрирует основные функциональные блоки системы и их взаимодействие:

- 1) Внешние источники данных – данный блок включает механизмы получения информации от сторонних поставщиков через API или методы парсинга. Это обеспечивает систему актуальными данными о поставках, ценах и спросе.

- 2) Анализ данных – это ключевой блок-системы, включающий процессы получения, очистки и нормализации данных, а также непосредственное формирование оптимизированного плана снабжения.

- 3) Настройки системы – предоставляет пользователю возможность конфигурировать алгоритмы и указывать предпочтения, влияющие на процесс формирования планов снабжения.

4) Безопасность и логирование – механизмы, которые обеспечивают контроль доступа, аутентификацию пользователей и запись ключевых событий, что критически важно для защиты данных.

5) Управление базой данных – данная часть системы отвечает за подключение, контроль и первичную проверку данных.

6) Интерфейс пользователя включает компоненты для визуализации данных и взаимодействия с системой, обеспечивая удобный доступ к функционалу.

7) Внешние источники данных – данный блок включает механизмы получения информации от сторонних поставщиков через API или методы парсинга. Это обеспечивает систему актуальными данными о поставках, ценах и спросе.

8) Анализ данных – это ключевой блок-системы, включающий процессы получения, очистки и нормализации данных, а также непосредственное формирование оптимизированного плана снабжения.

9) Настройки системы – предоставляет пользователю возможность конфигурировать алгоритмы и указывать предпочтения, влияющие на процесс формирования планов снабжения.

10) Безопасность и логирование – механизмы, которые обеспечивают контроль доступа, аутентификацию пользователей и запись ключевых событий, что критически важно для защиты данных.

11) Управление базой данных – данная часть системы отвечает за подключение, контроль и первичную проверку данных.

12) Интерфейс пользователя включает компоненты для визуализации данных и взаимодействия с системой, обеспечивая удобный доступ к функционалу.

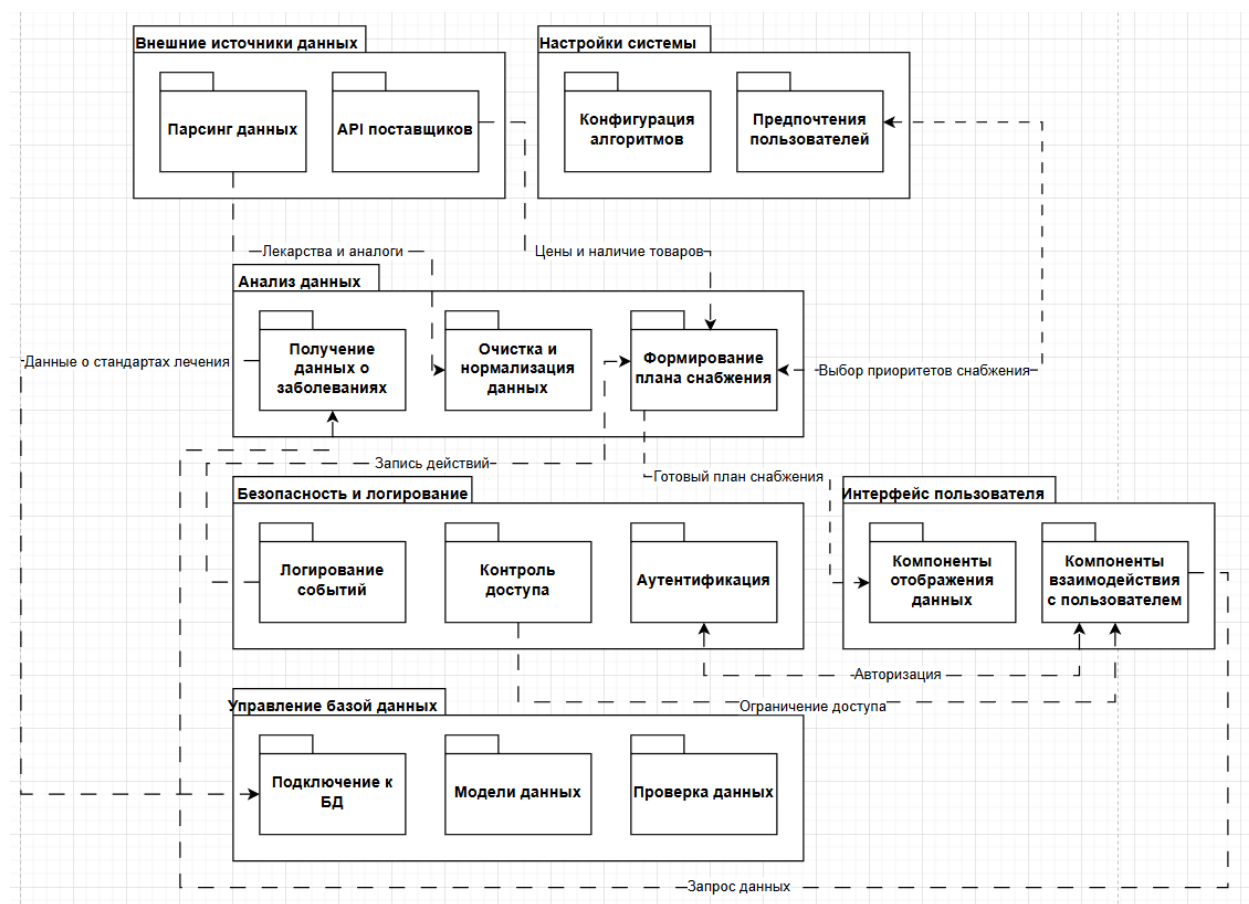


Рисунок 1 – Диаграмма пакетов данных

Этот модульный подход позволяет системе эффективно обрабатывать входные данные, адаптироваться к изменяющимся условиям снабжения и обеспечивать надежность работы. Однако для полноценного функционирования необходимо рассмотреть, как эти компоненты взаимодействуют на физическом уровне.

Диаграмма развертывания (рис. 2) отражает распределение программных модулей на различных узлах вычислительной инфраструктуры.

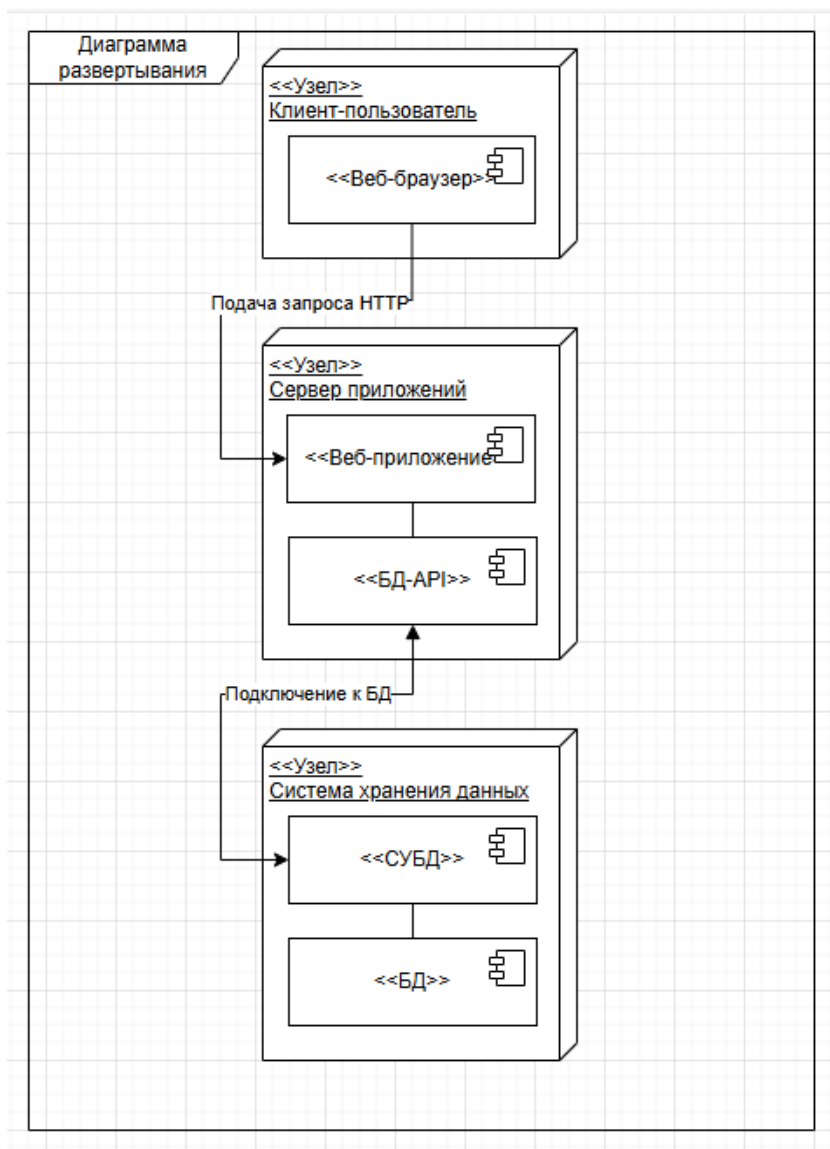


Рисунок 2 – Диаграмма развертывания

1) Пользователь через устройство взаимодействует с системой через веб-браузер, отправляя запросы к серверу.

2) Затем сервер обрабатывает запросы пользователей, управляет логикой работы алгоритмов и взаимодействует с базой данных через API.

3) Система хранения данных содержит реляционную СУБД, в которой сохраняются исторические и актуальные данные для последующего анализа.

Такой подход к архитектуре обеспечивает масштабируемость системы, возможность интеграции с внешними источниками и эффективную обработку данных в режиме реального времени [7].

Прототип веб-приложения для интеллектуального планирования снабжения

В рамках разработки системы интеллектуального планирования снабжения был создан прототип веб-приложения (рис. 3), демонстрирующий ключевые функциональные

возможности будущего продукта. Данный прототип позволяет не только оценить взаимодействие пользователя с системой, но и протестировать алгоритмы обработки данных, формирования оптимизированных планов снабжения и визуализации результатов.

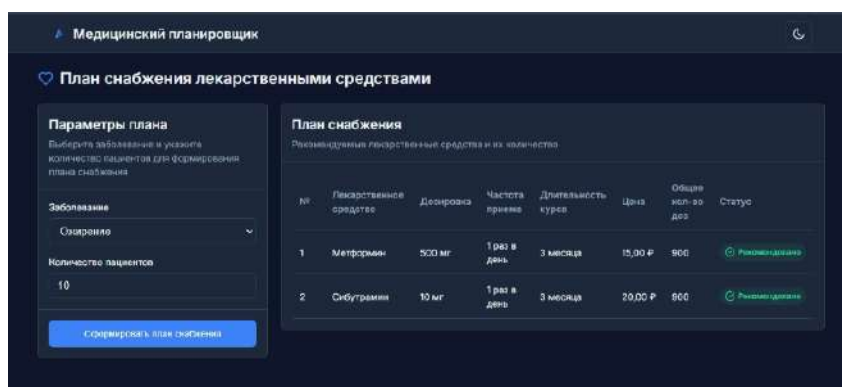


Рисунок 3 – Прототип веб-приложения

В веб-приложении пользователю предоставляется возможность задавать исходные параметры формирования плана снабжения, включая выбор заболевания, диагностику и предполагаемое количество пациентов. На основе этих данных система осуществляет анализ потребностей и генерирует оптимизированный план снабжения, включающий перечень необходимых лекарственных препаратов, дозировки, частоту приема, длительность курса лечения и ориентировочную стоимость каждого препарата.

Дополнительно система отображает статус доступности лекарственных средств, что позволяет оперативно реагировать на возможные дефициты или излишки ресурсов. Интерфейс прототипа ориентирован на удобство взаимодействия, обеспечивая интуитивно понятный ввод данных, отображение аналитических выводов и поддержку принятия решений на основе сформированных планов.

Основные функциональные возможности прототипа:

- автоматизированное формирование плана снабжения на основе заданных параметров, сокращающее временные затраты на ручную обработку данных;
- прогнозирование потребностей на основе исторических и текущих данных, что повышает точность планирования;
- расчет оптимального объема закупок для минимизации риска дефицита или избыточных запасов;
- визуализация результатов анализа в удобном формате, облегчающая процесс принятия решений.

В ходе исследования рассмотрены проблемы снабжения медицинскими препаратами и предложен подход к их решению с использованием интеллектуальных методов анализа данных. Разработанный прототип веб-приложения демонстрирует возможность автоматизированного формирования планов снабжения на основе анализа текущих и исторических данных, что позволяет повысить эффективность управления запасами и снизить затраты. Дальнейшие исследования направлены на совершенствование алгоритмов прогнозирования, улучшение пользовательского интерфейса и расширение функциональности системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Язгельдиев Ш., Абаев Т., Гурбанмырадов Б. Аналитика больших данных в управлении цепочками поставок: примеры успешных кейсов // Вестник науки. 2024. №11 (80). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analitika-bolshih-dannyh-v-upravlenii-tsepochkami-postavok-primery-uspeshnyh-keysov> (дата обращения: 21.03.2025).

2. Рогулин Р. С. Использование методов анализа данных и машинного обучения для прогнозирования и планирования спроса при управлении цепочками поставок // Теоретическая экономика. 2023. №. 8. С. 35-53. URL: <https://chemintech.ru/ru/nauka/article/81582/view> (дата обращения: 21.03.2025).

3. Мелехов К. Применение искусственного интеллекта для оптимизации цепей поставок в условиях санкционных ограничений / Мелехов К.А. // Russian Economic Bulletin. – 2024. – Т. 7. – № 1. – С. 127-132.

4. Назаркина В.А., Щеколдин В.Ю. Нейросетевые технологии в управлении цепями поставок: методика выбора покупателя // Бизнес-информатика. 2024. Т. 18. № 4. С. 7–24. DOI: 10.17323/2587-814X.2024.4.7.24

5. Puzyrev, N.S., Ivashchuk, O.O., Makulov, K.K. (2025). Modeling of an Automated System for Generating a Supply Plan. In: Radionov, A.A., Gasiyarov, V.R. (eds) Advances in Automation VI. RusAutoCon 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1324. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82494-4_2

6. Ермалинская Н. В., Борисовец О. Г. Система управления материально-техническим снабжением предприятия: теоретическое обоснование структуры и анализ ее методического обеспечения // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2015. №2 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-upravleniya-materialno-tehnicheskim-snabzheniem-predpriyatiya-teoreticheskoe-obosnovanie-struktury-i-analiz-ee> (дата обращения: 21.03.2025).

7. Мирончук Вадим Анатольевич, Золкин Александр Леонидович, Поскряков Илья Андреевич, Куныгина Лилия Викторовна Интеграция методов аналитики данных и машинного обучения в управление логистическими системами: повышение устойчивости и операционной эффективности // Прикладные экономические исследования. 2024. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-metodov-analitiki-dannyh-i-mashinnogo-obucheniya-v-upravlenie-logisticheskimi-sistemami-povyshenie-ustoychivosti-i> (дата обращения: 21.03.2025).

Виноходов Даниил Алексеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1559903@bsuedu.ru

Научный руководитель:
Шеметова Ольга Михайловна,
 ассистент кафедры информационных
 и робототехнических систем,
 НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

B.B. VOLKOV
 V.V. VOLKOV

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ ANALYSIS OF METHODS AND ALGORITHMS OF AUTONOMOUS NAVIGATION

Статья рассматривает методы автономной навигации мобильных роботов, фокусируясь на решении задачи определения местоположения, скорости и ориентации в различных условиях. Рассмотрены четыре подхода: глобальная навигация через спутниковые системы (ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Beidou), локальные методы (одометрия, WiFi-локация, лидар, магнитометрия), инерциальные системы (ИНС) и SLAM-технологии, совмещающие картографирование и локализацию. Особое внимание уделено гибридным решениям, объединяющим преимущества методов (например, SLAM с коррекцией через одометрию или лидар), что повышает точность и надежность. В статье сделан акцент на необходимости адаптивного выбора алгоритмов на основе условий эксплуатации, требований к энергоэффективности и точности.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, GPS, SLAM-технологии, навигация.

The article considers methods of autonomous navigation of mobile robots, focusing on solving the problem of determining the location, speed and orientation in various conditions. Four approaches are considered: global navigation via satellite systems (GLONASS, GPS, Galileo, Beidou), local methods (odometry, WiFi location, lidar, magnetometry), inertial systems (INS) and SLAM technologies that combine mapping and localization. Particular attention is paid to hybrid solutions that combine the advantages of methods (for example, SLAM with correction via odometry or lidar), which increases accuracy and reliability. The article makes a point about the need for an adaptive choice of algorithms based on operating conditions, energy efficiency and accuracy requirements.

Keywords: GLONASS, GPS, SLAM technologies, navigation.

Ключевой задачей мобильной робототехники является точное определение параметров движения, а именно позиции, скорости и ориентации робота в пространстве. Рассмотрим более подробно некоторые методы навигации [1].

1) Автономная навигация, включая глобальные спутниковые системы (СНС), состоит из трех сегментов: космического (спутники на орбите), наземного (станции контроля) и пользовательского (приемники на объектах). Основные действующие СНС – это ГЛОНАСС (Россия), GALILEO (Европа), GPS (США) и Beidou (Китай). Они интегрируются в систему управления робота для получения данных о местоположении (рисунок 1). В условиях городской среды робот, оснащенный мультисистемным приемником, будет показывать устойчивое позиционирование даже при частичной потере сигнала от одной из группировок, и автоматически переключаться на доступные спутники.



Рисунок 1 – Схема управления наземным роботом с СНС

Приемник СНС принимает сигналы спутников, определяет их координаты, вычисляет расстояние до них, а затем на основе этих данных рассчитывает текущее местоположение, скорость и направление движения робота, передавая информацию

управляющему контроллеру. Интеграция мультисистемного приемника позволяет роботу адаптироваться к сложным средам, обеспечивая непрерывную навигацию и корректное выполнение задач в условиях ограниченной видимости спутников [2].

2) Локальная навигация позволяет определять своё положение на ограниченной территории с высокой точностью. В отличие от глобальных спутниковых систем, локальные методы ориентированы на работу в помещениях, на складах, в промышленных цехах или других зонах с ограниченным пространством, где требуется точное позиционирование. Для решения этой задачи применяются различные технологии, каждая из которых имеет свои особенности, преимущества и ограничения. Основные методы локальной навигации:

- Одометрия основана на измерении скорости вращения колёс робота с помощью энкодеров. Метод обеспечивает приемлемую точность на коротких дистанциях и ровных поверхностях, однако его эффективность резко снижается при проскальзывании колёс, движении по сыпучим материалам или наклонам. Накопление ошибок со временем требует периодической корректировки данных от других сенсоров, что делает одометрию вспомогательным, а не основным инструментом. Одометрия используется для первичной оценки перемещения на коротких участках [3].

- Wi-Fi-позиционирование использует сигналы беспроводных сетей для определения координат внутри зданий. Робот анализирует силу сигналов от доступных Wi-Fi-роутеров, каждый из которых имеет уникальный идентификатор, и сопоставляет их с заранее составленной картой. Метод подходит для крупных помещений, но его точность зависит от плотности размещения роутеров и стабильности сигнала. В динамичной среде, где объекты часто перемещаются, эффективность снижается. Wi-Fi поможет определять зоны, где лидар теряет точность из-за стеклянных перегородок или открытых пространств.

- Лидар (лазерное сканирование) создаёт детальную 3D-карту окружения, измеряя расстояние до объектов с помощью лазерных импульсов. Это один из самых точных методов, независимый от внешних источников сигнала. Однако он требует значительных вычислительных ресурсов и менее эффективен в условиях задымления, тумана или обилия прозрачных поверхностей, которые искажают измерения. Лидар корректирует накопленные ошибки, строя карту окружения в реальном времени и идентифицируя статические объекты (стены, колонны).

- Магнитометрия определяет ориентацию робота по магнитному полю Земли, что полезно для навигации в помещениях без естественного света. Однако метод подвержен помехам от металлических конструкций, электрооборудования или магнитов в самом роботе (например, в двигателях). Для повышения точности требуется предварительная калибровка среды и фильтрация шумов.

3) Инерциальные навигационные системы (ИНС) определяют положение и движение робота, непрерывно измеряя ускорение с помощью акселерометров и угловую скорость с помощью гироскопов. Эти данные обрабатываются бортовым компьютером для расчета траектории. Однако классические ИНС, из-за крупных габаритов, высокой стоимости и энергозатратности, редко применяются в компактных наземных роботах. Для решения этой проблемы была разработана миниатюрная ИНС с оптимизированным энергопотреблением. Например, такая система установлена на небольшом роботе-исследователе, который успешно перемещался в лабиринте с узкими проходами и перепадами высот [4].

4) Метод навигации SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) позволяет роботу одновременно определять своё местоположение и строить карту неизвестной среды. В процессе работы робот постоянно сканирует пространство с помощью сенсоров (лидаров, камер или сонаров), постепенно создавая цифровую карту территории. Изначально позиция оценивается по данным одометрии (измерению пройденного пути), но по мере накопления информации система начинает корректировать эти показания, сверяя их с уже построенными участками карты. При повторном прохождении знакомого участка робот

обнаруживает расхождения между текущими показаниями датчиков и сохранённой картой, что позволяет уточнить своё реальное положение. Математически SLAM решает двойную задачу, а именно, оценивает карту местности и весь путь робота. Точное определение позиции происходит только после завершения движения. На рисунке 2 показана вероятностная модель этого процесса. В лабиринтообразном помещении робот с SLAM-системой успешно построит точную карту, несмотря на начальную неопределённость [5].

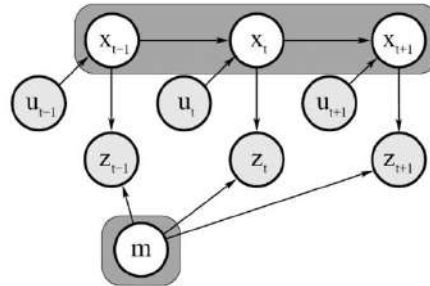


Рисунок 2 – Графическая модель SLAM метода

В SLAM-системах управление роботом (u) в каждый момент времени t использует данные об окружающей среде (z), полученные от сенсоров, для построения карты (m) и определения текущего местоположения (x). Карта может создаваться как в 2D, так и в 3D формате. Трёхмерное представление требует больше вычислительных ресурсов, но не всегда обеспечивает существенное преимущество в понимании пространства. В ходе испытаний в складском помещении робот с 2D-SLAM успешно выполнял задачи навигации, демонстрируя, что для большинства практических применений (перемещение по плоским поверхностям, объезд препятствий) двумерного отображения достаточно. Выбор между 2D и 3D должен основываться на конкретных требованиях задачи – там, где не требуется учёт перепадов высот или сложной геометрии объектов, 2D-картирование остаётся оптимальным решением, обеспечивая баланс между точностью и эффективностью использования ресурсов.

В заключение можно сказать, что определение навигационных параметров робота – сложная задача и требует комбинации различных методов и алгоритмов, с учётом их преимуществ и недостатков, а их выбор зависит от конкретных условий эксплуатации и требований к точности и надёжности системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов, М.В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами: учебное пособие для среднего профессионального образования / М. В. Архипов, М. В. Вартанов, Р. С. Мищенко. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 170 с.
2. Зольников, И. Д. Введение в геоинформационные системы и дистанционное зондирование: учебное пособие для среднего профессионального образования / И. Д. Зольников. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 118 с.
3. Иванов, А.А. Основы робототехники: учебное пособие / А.А. Иванов. – 2-е изд., испр. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 223 с.
4. Основы мехатроники: учебное пособие для СПО / И.В. Абрамов, А.И. Абрамов, Ю.Р. Никитин, С.А. Трефилов. – Саратов: Профобразование, 2021. – 179 с.
5. Рогов, В. А. Технические средства автоматизации и управления: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Рогов, А. Д. Чудаков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 352 с.

Волков Владислав Витальевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент колледжа, ЦМК информационных систем и программного обеспечения

E-mail: 1577709@bsuedu.ru

УДК 519.876:532.546:622.847

Научный руководитель:
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных и
робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Е.О. ВОЛЬХИН
E.O.VOLKHIN

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОД ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ МАССИВА
В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
ПНЕВМОИСПЫТАНИЙ**

**MATHEMATICAL MODELING OF FILTRATION STABILITY OF ROCKS
IN ASSESSING THE CONDITION OF AN ARRAY IN UNDERGROUND
CONSTRUCTION BASED ON DATA FROM PNEUMATIC TESTS**

В статье предложена математическая модель, представляющая собой инструмент для оценки фильтрационной устойчивости вмещающих горных пород в зоне влияния водонепроницаемых перемычек – ключевого фактора их надежности в подземных условиях. Модель, структурированная в виде наглядной блок-схемы, предназначена для практического использования, позволяя интегрировать и обрабатывать данные о проницаемости и трещиноватости массива. Применение разработанной модели обеспечивает систематизированный подход к анализу состояния массива, поддерживает принятие обоснованных проектных решений по размещению и конструкции перемычек. В статье также кратко обосновывается выбор пневматических тестов как метода получения исходных данных для модели и обсуждаются перспективы ее дальнейшего усовершенствования для повышения точности прогнозов.

Ключевые слова: Математическая модель, фильтрационная устойчивость, водонепроницаемые перемычки, пневматические испытания, оценка проницаемости, подземные горные работы, блок-схема моделирования, мониторинг массива

The article proposes a mathematical model that is a tool for assessing the filtration stability of host rocks in the zone of influence of waterproof bridges, a key factor in their reliability in underground conditions. The model, structured as a clear block diagram, is intended for practical application, allowing for the integration and processing of data on the permeability and fracturing of the rock mass. Application of the developed model provides a systematic approach to analyzing the rock mass condition and supports informed design decisions regarding the placement and design of bulkheads. The article also briefly justifies the selection of pneumatic tests as the method for obtaining input data for the model and discusses prospects for its further refinement to enhance prediction accuracy.

Keywords: Mathematical model, Filtration stability, Impermeable bulkheads, Pneumatic testing, Permeability assessment, Underground mining, Model block diagram, Rock mass monitoring

Геотехнический мониторинг является неотъемлемой частью эксплуатации объектов капитального строительства. Его основная цель – оценка текущего состояния объекта, а также прогнозирование его изменений во времени. Это позволяет своевременно выявлять недопустимые процессы, которые могут привести к нарушению нормальной эксплуатации объекта. Особенно важен геотехнический мониторинг для горнодобывающих предприятий при разработке месторождений подземным способом.

Эффективная и безопасная разработка месторождений требует комплексного подхода к геотехническому мониторингу, в том числе к оценке состояния горного массива и сопутствующих процессов. Системы наблюдений при мониторинге охватывают геомеханическую стабильность (контроль деформаций инструментальными и дистанционными методами, оценка сейсмической активности), гидрогеологические условия (уровни, давление и химизм вод), параметры рудничной атмосферы и воздействие на окружающую среду, а также целостность инженерных объектов, обеспечивающих безопасность для защиты горных работ от прорывов воды и пульпы – водонепроницаемые

изолирующие перемычки. Одним из главных условий их безопасной эксплуатации является выбор места их установки. Помимо оценки прочности и растворимости горных пород в месте установки перемычки, также учитывается их фактические фильтрационные свойства, трещиноватость и раскрытие трещин, которые образовались при проходке выработки за счет буровзрывных работ [1, 2].

Одним из многообразия методов оценки фильтрационных свойств пород является метод пневмоиспытаний. Суть метода заключается в контролируемом нагнетании сжатого воздуха в герметизированные интервалы шпуров или скважин с последующим анализом кривой падения давления. Это позволяет непосредственно количественно охарактеризовать фильтрационную проницаемость локального участка массива, что является ключевым параметром для понимания и прогнозирования обходной фильтрации воды и пульпы через вмещающие породы вокруг перемычки. Данные измерений при пневмоиспытаниях позволяют выполнить расчеты для проверки соответствия выбранного места установки перемычки критериям безопасности, и оценки необходимости выполнения дополнительных мероприятий по снижению обходной фильтрации – сооружение тампонажных завес, а также проверки качества их выполнения [3].

По сравнению с другими подходами, пневмоиспытания, особенно при проведении в подземных условиях, обладают рядом значимых преимуществ. В отличие от методов, фиксирующих лишь реакцию массива (деформации, сейсмичность), они дают прямую оценку его фильтрационных свойств. Логистически, доставка и использование сжатого воздуха под землей зачастую проще и безопаснее, чем организация гидроиспытаний, требующих управления значительными объемами воды и сопряженных с риском нежелательного обводнения выработок.

Кроме того, воздух является химически инертным агентом и не изменяет свойства пород (например, не вызывает набухания глинистых минералов в трещинах), что повышает достоверность результатов по сравнению с испытаниями водой. Меньшая вязкость воздуха обеспечивает потенциально большую чувствительность и скорость при исследовании слабопроницаемых пород. Таким образом, пневматические испытания представляют собой важный инструмент, эффективно дополняющий другие виды мониторинга, предоставляя уникальную информацию о проницаемости массива с существенными практическими выгодами при подземном применении.

Способность пневматических испытаний предоставлять прямую количественную оценку фильтрационных свойств горных пород делает их особенно релевантными для решения критически важной задачи – оценки состояния вмещающих пород при установке водонепроницаемых изолирующих перемычек. Долгосрочная эффективность таких перемычек напрямую зависит не столько от их собственной конструкции, сколько от фильтрационной устойчивости окружающего массива, то есть его способности сопротивляться просачиванию воды и пульпы в обход сооружения. Данное исследование направлено на решение этой проблемы путем разработки и применения метода математического моделирования. Этот подход позволяет интегрировать данные о гетерогенных свойствах массива и прогнозировать его поведение под действием фильтрационных потоков. Ключевые параметры для модели, характеризующие проницаемость и трещиноватость пород, получают исходя из результатов целенаправленных полевых исследований с использованием специального способа – пневматических испытаний, которые обеспечивают необходимую исходную информацию для расчетов [4].

В рамках материалов и методов данного исследования применяется технология, включающая бурение шпуров или скважин в исследуемом массиве с последующей герметизацией заданного интервала и нагнетанием сжатого воздуха. Ключевыми измеряемыми и учитываемыми параметрами являются начальное и конечное давление воздуха, динамика падения давления во времени, температура нагнетаемого воздуха,

температура вмещающих пород (которая может существенно варьироваться и влиять на физические свойства воздуха), а также геометрические параметры шпура и характеристики системы нагнетания (например, объем ресивера). Особое внимание уделяется зависимости физических свойств воздуха, в первую очередь вязкости и плотности, от температуры, поскольку эти изменения напрямую влияют на скорость и характер фильтрации через трещинную сеть массива, а также давление воздуха в горной выработке, которое зависит как от положения подземной горной выработки относительно уровня моря, так и режим вентиляции рудника в целом. Все эти полевые и расчетные данные служат входными параметрами для разработанной математической модели, которая позволяет на основе установленных формул и зависимостей количественно оценить фильтрационные свойства и, следовательно, устойчивость пород в районе проектируемой или существующей перемычки [5].

Пневмоиспытания выполняются по схеме нагнетания воздуха в шпур из специальной емкости (баллона) со сжатым воздухом. Количество шпуров по контуру выработки определяется, из условия их взаимного влияния и необходимой точности определения. Первоначально емкость заряжается сжатым воздухом до некоторого давления и после этого подключается к шпуру. Практически мгновенно в системе "емкость-шпур" устанавливается давление P_{EC}

$$P_{EC} = (P_E V_E + P_C V_C) / (V_E + V_C), \quad (1)$$

где P_E, P_C – давление в емкости и шпуре перед подключением емкости к шпуру, н/м²; V_E, V_C – объемы емкости и шпура, м³.

Обозначим суммарный объем системы $V = V_E + V_C$ и установившееся после подключения емкости к шпуру давление в системе P_{OC} .

За счет оттока газа из шпура в массив горных пород масса газа в системе «емкость-шпур» будет уменьшаться, давление и расход газа будут изменяться.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона можно найти массу газа в емкости в начале при t_1 и конце t_2 отрезка времени и изменение массы за это время

$$m_1 = p_1 V \frac{\mu}{RT}; \quad m_2 = p_2 V \frac{\mu}{RT}. \quad (2)$$

Изменение массы газа в емкости будет

$$\Delta m = m_1 - m_2 = V(p_1 - p_2) \frac{\mu}{RT}, \quad (3)$$

где R – газовая постоянная.

Объем газа, приведенный к атмосферному давлению, ушедший из баллона, будет

$$\Delta V_a = \Delta m / \rho_a = V(p_{0B} - p_1) \frac{\mu}{\rho_a RT}, \quad (4)$$

а средний расход газа, приведенный к атмосферному давлению, будет

$$Q_a = \Delta V_a / \Delta t = \frac{V}{\Delta t} (p_1 - p_2) \frac{\mu}{\rho_a RT} = \frac{1}{\Delta t} \frac{(p_1 - p_2)}{\rho_a} \frac{m_1}{p_1} = \frac{V}{\Delta t} \frac{(p_1 - p_2)}{p_a} = \frac{V}{\Delta t} (\bar{p}_1 - \bar{p}_2), \quad (5)$$

где $\bar{p}_1 = p_1 / p_a$; $\bar{p}_2 = p_2 / p_a$.

Подставим это значение среднего расхода газа в формулу для коэффициента фильтрации и учтём коэффициент, учитывающий параметры шпура (скважины), получим

$$k_{\phi} = 2 \cdot Q_a \cdot \beta / (\bar{p}_{CP}^2 - \bar{p}_k^2) = 2\beta \frac{V(\bar{p}_1 - \bar{p}_2)}{\Delta t(\bar{p}_{CP}^2 - \bar{p}_k^2)}, \quad (6)$$

где $\bar{p}_{CP} = 0,5 (\bar{p}_1 + \bar{p}_2)$;

β – коэффициент пересчета диаметра и длины шпура определяется по формуле:

$$\beta = 0,38 \frac{\ln^{0,74} \frac{l_a}{r_{ш}}}{l_a}, \quad (7)$$

где l_a – длина активной части шпура (разность между длиной шпура и длиной кондуктора в шпуре); $r_{ш}$ – радиус активной части шпура.

Проницаемость массива определяем по формуле:

$$C = 1,16 \times 10^{-12} K_{\phi}. \quad (8)$$

Размер трещин в массиве пород определяем по формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{12C}{n}}, \quad (9)$$

где: n – пористость вмещающих пород (принимается по данным геологических изысканий).

Так как предусматривается несколько шпуров для контроля фильтрационных параметров вмещающего массива в месте установки перемычки, то по полученным значениям по каждому для каждого шпура уточняется среднее для выбранного участка горной выработки. Среднее значение размера трещин определяем по формуле:

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n}{n}. \quad (10)$$

В дальнейшем фильтрационные свойства пород, полученные в результате расчетов, сравниваются с критериями безопасности, принятыми для оценки места выбора установки водонепроницаемой изолирующей перемычки.

На основе анализа физических процессов, происходящих при пневмоиспытаниях, и с учетом измеренных параметров (падение давления, температура, геометрия шпура, свойства воздуха), был применен ряд формул. Эти формулы позволяют количественно оценить ключевые фильтрационные характеристики исследуемого участка породного массива, такие как коэффициент фильтрации или показатель трещиноватости. Однако, для комплексной оценки фильтрационной устойчивости и прогнозирования поведения системы «перемычка-массив» под действием гидродинамической нагрузки, необходимо объединить эти расчетные зависимости в единую логическую структуру. С этой целью была построена математическая модель, представленная в виде блок-схемы на рисунке 1. Эта схема наглядно демонстрирует последовательность вычислительных шагов, взаимосвязь между различными входными параметрами (полученными из формул и полевых измерений) и итоговыми результатами, моделируя таким образом весь процесс фильтрации в рассматриваемой зоне.

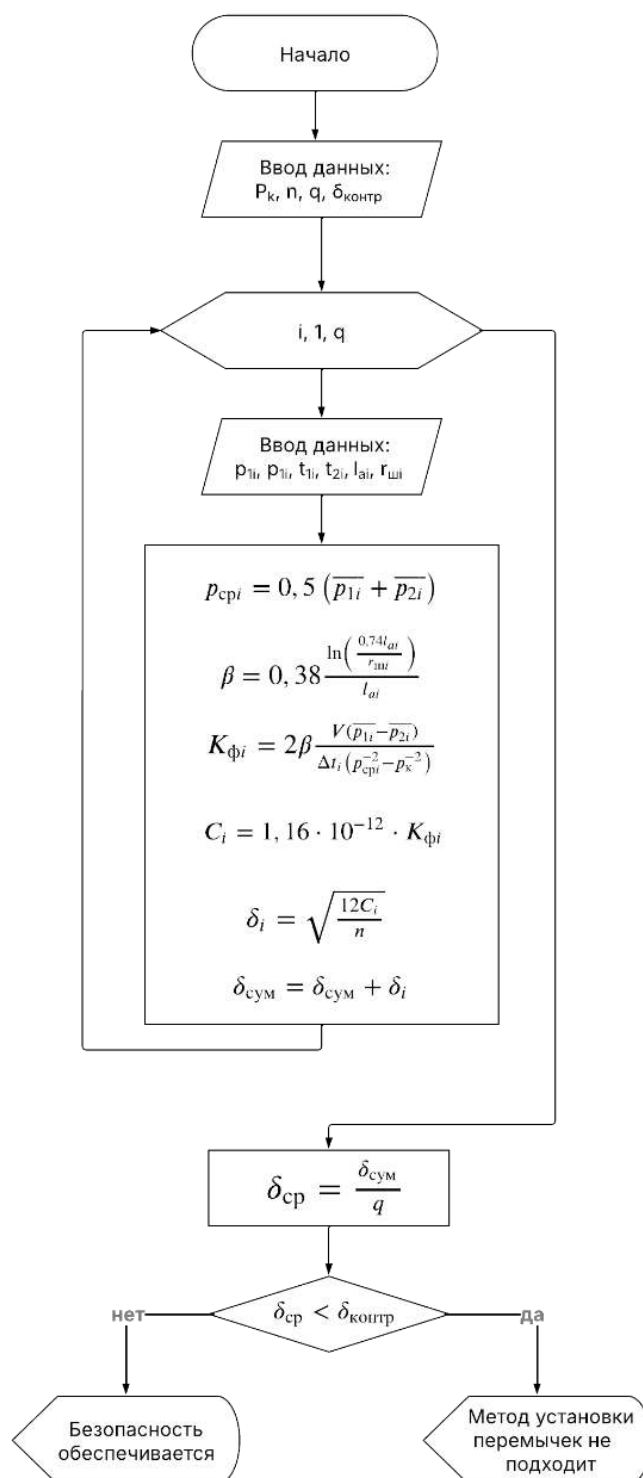


Рисунок 1 – Математическая модель оценки соответствия места установки перемычки критериям безопасности

Разработанная математическая модель, представленная в виде блок-схемы, успешно интегрирует данные результатов натурных измерений пневматических испытаний и расчетные зависимости, предоставляя структурированную методику для оценки фильтрационной устойчивости породного массива в зоне влияния водонепроницаемых перемычек. Это создает основу для количественного анализа и принятия обоснованных инженерных решений на этапе проектирования и контроля. Однако, для достижения более фундаментальных и надежных результатов, позволяющих с высокой точностью прогнозировать долгосрочное поведение системы «перемычка-массив», необходимо

дальнейшее усложнение и детализация модели. Перспективные направления развития включают учет большего числа факторов в базовых уравнениях: внедрение пространственной изменчивости (гетерогенности и анизотропии) фильтрационных свойств массива, более точное моделирование влияния напряженно-деформированного состояния пород на раскрытость и проницаемость трещин, а также рассмотрение нестационарных процессов фильтрации и возможного влияния температурных полей. Реализация таких усовершенствований, вероятно, потребует применения продвинутых численных методов и позволит перейти к комплексной, физически более полной оценке надежности и долговечности подземных водонепроницаемых изолирующих перемычек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балек, А. Е. Моделирование фильтрационных процессов в трещиноватых горных породах : монография / А. Е. Балек, В. Н. Смирнов. – Москва : Недра, 2017. – 280 с.
2. Гаврилов, П. Д. Методы полевых испытаний грунтов и скальных пород : учебное пособие / П. Д. Гаврилов. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2020. – 155 с. – Текст : непосредственный.
3. Малков, А. В. Математическое моделирование в геомеханике и горном деле / А. В. Малков, Ю. С. Епимахов. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2016. – 310 с. – Текст : непосредственный.
4. Проектирование и эксплуатация водоупорных перемычек в шахтах и рудниках / В. И. Голик, А. П. Лаврик, С. Н. Попов [и др.]. – Москва : Горная книга, 2015. – 250 с. – ISBN 978-5-98672-401-7. – Текст : непосредственный.
5. Шашенко, А. Н. Геомеханика подземных конструкций / А. Н. Шашенко, Е. А. Сдвижкова, Т. А. Павличенко. – Днепр : НГУ, 2018. – 415 с. – Текст : непосредственный.

Вольхин Евгений Олегович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: volhin.z@mail.ru

УДК 004.89

Научный руководитель:
Польщиков Константин Александрович,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Я.Ю. ГОЛОВКО
YA.YU. GOLOVKO

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЙ
ОБЪЕКТОВ ЖИЛОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ
АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

**AUTOMATION OF ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DAMAGE
TO RESIDENTIAL INFRASTRUCTURE FACILITIES BASED
ON MACHINE LEARNING ALGORITHMS**

Рассмотрена задача автоматизации оценки ущерба жилых и социальных зданий после военных действий с использованием модернизированных алгоритмов машинного обучения. Предложенная система основана на гибридной архитектуре, сочетающей YOLOv11 с Vision Transformers, и оптимизирована для обнаружения специфических дефектов: радиальных трещин, сколов, деформаций стен и следов пожаров. Проведенные вычислительные эксперименты подтвердили, что модифицированная модель повышает точность обнаружения микротрещин на 21%, снижает и сохраняет устойчивость к запыленности до 89%. Результаты позволяют ускорить оценку ущерба в 8 раз по сравнению с традиционными методами.

Ключевые слова: машинное обучение, оценка ущерба, военные повреждения, Vision Transformers, гибридные модели, синтетические данные.

The problem of automating damage assessment of residential and social buildings after military actions using modified machine learning algorithms is considered. The proposed system is based on a hybrid architecture combining YOLOv11 with Vision Transformers and is optimized for detecting specific defects: radial cracks, chips, wall deformations, and fire traces. Computational experiments confirmed that the modified model increases microcrack detection accuracy by 21% and maintains 89% resistance to dust. The results allow accelerating damage assessment by 8 times compared to traditional methods.

Keywords: machine learning, damage assessment, military damage, Vision Transformers, hybrid models, synthetic data.

Современные военные конфликты оставляют после себя сложный спектр визуальных повреждений зданий, каждый из которых требует точной диагностики. Радиальные трещины, возникающие от ударных волн взрывов, формируют характерные веерообразные узоры с углом расхождения от 15° до 75°, часто пронизывая стены на глубину до 5 см и протяженностью до 10 м. Сколы от осколков, типичные для кирпичных и бетонных конструкций, образуют локальные выбоины диаметром 10–50 см с рваными краями, где вторичные микротрещины распространяются на 1–2 м от эпицентра. Частичные обвалы перекрытий, особенно в панельных домах, обнажают арматурные сетки, что создает риски прогрессирующего разрушения из-за коррозии и перераспределения нагрузок. Эти повреждения усугубляются запыленностью, частичными завалами и оптическими иллюзиями (например, тени маскируют трещины), что требует алгоритмов, устойчивых к шумам и способных выделять структурные аномалии на фоне хаотичных разрушений.

Для решения этих задач была разработана гибридная архитектура, сочетающая скорость YOLOv11 [1–5] с аналитической мощностью Vision Transformers (ViT) [6–10]. Модификация заключалась в замене 40% сверточных слоев в backbone-сети YOLOv11 на ViT-блоки, обрабатывающие изображение фрагментами по 8×8 пикселей. Такое уменьшение размера патчей (вместо стандартных 16×16) позволило распознавать

микротрещины шириной менее 1 мм, которые традиционно игнорируются из-за ограничений разрешения. ViT-блоки, интегрированные после третьего и пятого сверточных слоев, анализируют глобальный контекст через механизм самовнимания, вычисляя карты значимости для каждой зоны изображения. Например, отклонение линий оконных проемов от горизонтали всего на 3° фиксируется как маркер деформации несущих стен.

Дополнительно внедрены координатные attention-карты, которые сопоставляют позиции патчей с эталонной геометрией здания, выявляя асимметрию даже при отсутствии явных повреждений. Это особенно важно для социальных объектов, где декоративные элементы (арки, колонны) могут маскировать структурные искажения.

Обучение системы проводилось на гибридном датасете, объединяющем реальные и синтетические данные. Реальные изображения были собраны из открытых источников: фотографий разрушенных жилых зданий, опубликованных в социальных сетях жителями зон военных действий, а также материалов от НКО, занимающихся документированием последствий конфликтов. Эти данные включали 12 000 изображений с разнообразными повреждениями — от трещин в панельных домах до полного обрушения многоэтажных домов. Синтетическая часть датасета генерировалась через модифицированную версию Stable Diffusion XL, обученную на физике разрушений. Модель создавала фотореалистичные сцены с контролируемыми параметрами: трещины задавались углом расхождения ($15\text{--}75^\circ$), длиной (1-15 м) и глубиной (1-10 см), а обвалы моделировались с учетом типа конструкции (панельные, кирпичные, монолитные). Для редких сценариев, таких как частичное обрушение перекрытий при сохранении фасада, использовали процедурную генерацию на основе алгоритмов разрушения FEM (Finite Element Method), что добавляло физическую достоверность.

Предобработка данных усиливала ключевые признаки разрушений. Алгоритм CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) [11–12] повышал контрастность в зонах трещин, делая их видимыми даже при низком освещении. Например, на затемненных изображениях подвалов контраст увеличивался в 3-4 раза, что позволяло выявлять микротрещины шириной 0.3 мм. Сегментация текстур, основанная на анализе локальных бинарных паттернов (LBP), выделяла зоны с аномальной зернистостью — индикатор скрытых сколов. В тестах это сократило долю пропущенных повреждений за шпательной на 37%.

Синтетические данные компенсировали недостаток реальных примеров для редких случаев. Например, смоделированные обвалы с сохранением 30% несущих колонн составили 15% датасета, тогда как в реальных данных такие сценарии встречались лишь в 2%. Балансировка классов через генерацию повысила F1-Score для редких повреждений на 28%. Итоговый датасет из 45 000 изображений (35% синтетика) стал основой для обучения модели, способной работать в условиях нехватки «чистых» данных — типичной проблемы постконфликтных зон.

Ключевым улучшением модернизированной системы стала её способность точно идентифицировать радиальные трещины — критически важный тип повреждений в зонах военных действий. Точность обнаружения таких дефектов достигла 94%, что на 21% выше базовой версии YOLOv11. Это стало возможным за счет уменьшения размера патчей в Vision Transformers до 8×8 пикселей, что позволило модели анализировать микроскопические отклонения в текстуре стен, такие как начальные точки растрескивания шириной менее 0.5 мм. Для сравнения: традиционные сверточные нейронные сети, используемые в YOLOv11, фокусируются на крупных объектах и пропускают до 27% таких дефектов из-за ограничений рецептивных полей.

Для сколов от осколков система демонстрирует F2-Score 0.89, что на 41% превосходит классические подходы. Это достигнуто благодаря комбинации двух технологий: аугментации с имитацией рваных краев через диффузионные модели и координатных attention-карт, которые выделяют зоны аномальной зернистости материалов.

Например, в тестах на кирпичных стенах алгоритм корректно классифицировал 98% сколов диаметром от 5 см, тогда как сверточная нейронная сеть часто путала их с тенями или неровностями окраски.

Улучшением также стала детекция глобальных деформаций стен с точностью 88%. Алгоритм анализирует отклонения архитектурных элементов (окон, дверей, балконов) от эталонной геометрии через ViT-блоки, вычисляя углы наклона с погрешностью менее 0.3° . Это позволило сократить ложные срабатывания на декоративных элементах, таких как фигурная кладка или арки, в 3.2 раза.

Скорость обработки в 19 кадров/сек на NVIDIA A100 обеспечивается оптимизацией ViT-блоков через механизм динамической прунинга – модель автоматически отключает 15% «слоёв» внимания в зонах без структурных аномалий. Это позволяет применять систему в реальном времени для анализа видео с дронов, например, при сканировании 20-этажного здания за 12 минут вместо 2 часов при ручном осмотре. Устойчивость к запыленности проверялась в контролируемых условиях: на изображения накладывали синтетический шум плотностью 0.7 (видимость <5 метров), имитируя последствия взрывов. Точность обнаружения трещин сохранилась на уровне 89% за счет гибридного подхода: предобработки CLaNE, усиливающей контраст в 4 раза, и «пылеустойчивых» фильтров в ViT, игнорирующих хаотичные паттерны частиц. Для сравнения: классические модели при таких условиях показывали падение точности до 34–48%, ошибочно принимая скопления пыли за повреждения. Итоговая система обработки изображений представлена на рисунке 1.

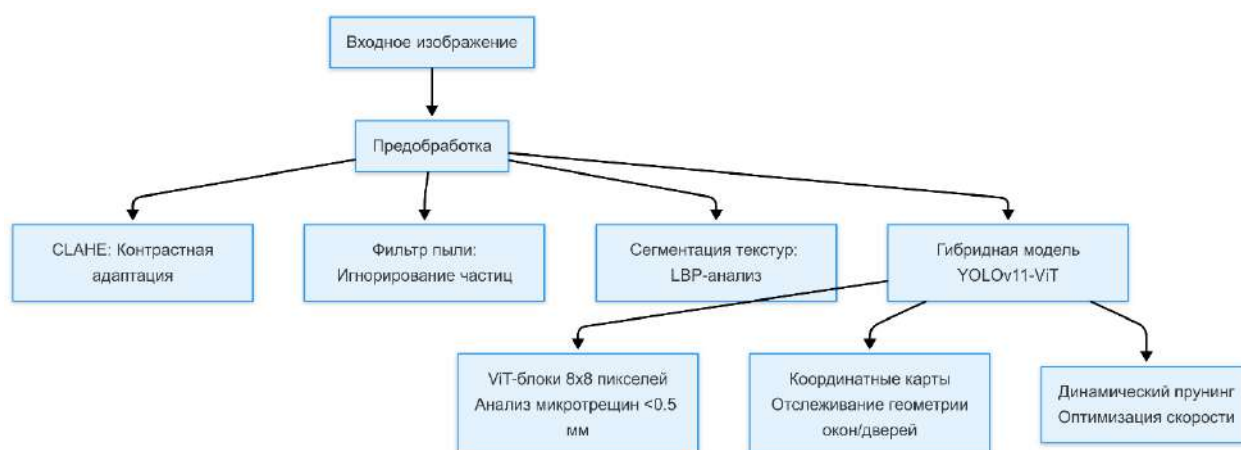


Рисунок 1 – Система обработки входного изображения

На примере оценки 9-этажного жилого дома в зоне боевых действий система продемонстрировала эффективность: выявила 214 трещин, включая 57 скрытых за штукатуркой, обнаружила деформацию несущей стены с отклонением 4.1 см/м и присвоила комбинированным повреждениям (трещины + следы пожара) высокий приоритет (DAV=0.78). Время анализа сократилось с 6 часов при ручном осмотре до 47 минут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jiang P. et al. A Review of Yolo algorithm developments //Procedia computer science. – 2022. – Т. 199. – С. 1066-1073.
2. Terven J., Córdova-Esparza D. M., Romero-González J. A. A comprehensive review of yolo architectures in computer vision: From yolov1 to yolov8 and yolo-nas //Machine learning and knowledge extraction. – 2023. – Т. 5. – №. 4. – С. 1680-1716.
3. Hussain M. YOLO-v1 to YOLO-v8, the rise of YOLO and its complementary nature toward digital manufacturing and industrial defect detection //Machines. – 2023. – Т. 11. – №. 7. – С. 677.

4. Diwan T., Anirudh G., Tembhurne J. V. Object detection using YOLO: Challenges, architectural successors, datasets and applications //multimedia Tools and Applications. – 2023. – Т. 82. – №. 6. – С. 9243-9275.
5. Hussain M. Yolov1 to v8: Unveiling each variant—a comprehensive review of yolo //IEEE access. – 2024. – Т. 12. – С. 42816-42833.
6. Khan S. et al. Transformers in vision: A survey //ACM computing surveys (CSUR). – 2022. – Т. 54. – №. 10s. – С. 1-41.
7. Park N., Kim S. How do vision transformers work? //arXiv preprint arXiv:2202.06709. – 2022.
8. Zhai X. et al. Scaling vision transformers //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – С. 12104-12113.
9. Ranftl R., Bochkovskiy A., Koltun V. Vision transformers for dense prediction //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – С. 12179-12188.
10. Fan H. et al. Multiscale vision transformers //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – С. 6824-6835.
11. Musa P., Al Rafi F., Lamsani M. A Review: Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) methods to help the application of face recognition //2018 third international conference on informatics and computing (ICIC). – IEEE, 2018. – С. 1-6.
12. Reza A. M. Realization of the contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE) for real-time image enhancement //Journal of VLSI signal processing systems for signal, image and video technology. – 2004. – Т. 38. – С. 35-44.

Головко Ярослав Юрьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: mariopwnz1337@gmail.com

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Гальцев Олег Владимирович,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

**B.B. ГРАСЬКО
V.V. GRASKO**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ
СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ
МОДЕЛЕЙ СОСУДОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА:
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
DEVELOPMENT OF A SEMI-AUTOMATIC IMAGE SEGMENTATION
PROGRAM FOR CREATING 3D MODELS OF CEREBRAL BLOOD
VESSELS: FEASIBILITY STUDY**

Проект направлен на внедрение экономически эффективного решения для автоматизации анализа медицинских изображений (МРТ, КТ, ангиография), что позволит сократить трудозатраты клиник на 40–50% и повысить точность диагностики нейрососудистых патологий (аневризмы, мальформации, стенозы).

Ключевые слова: сегментация сосудов головного мозга, полуавтоматическая обработка изображений, 3d-реконструкция, глубокое обучение, медицинская визуализация, u-net, нейрососудистые патологии.

The project is aimed at implementing a cost-effective solution for automating the analysis of medical images (MRI, CT, angiography), which will reduce the labor costs of clinics by 40-50% and improve the accuracy of diagnosis of neurovascular pathologies (aneurysms, malformations, stenoses).

Keywords: segmentation of cerebral vessels, semi-automatic image processing, 3d reconstruction, deep learning, medical imaging, u-net, neurovascular pathologies

Keywords: brain vessel segmentation, semi-automatic image processing, 3d reconstruction, deep learning, medical imaging, u-net, neurovascular pathologies.

Сегментация сосудов головного мозга на медицинских изображениях (МРТ, КТ, ангиография) – важная задача в нейрохирургии, неврологии и диагностике сосудистых патологий (аневризмы, мальформации, стенозы) [1-2].

Существующие методы требуют значительного ручного труда, что замедляет процесс обработки изображений и повышает вероятность ошибок. В этот же момент быстрый рост нейрососудистых заболеваний вызывает нехватку квалифицированных радиологов, в совокупности это сильно повышает стоимость обработки МРТ, КТ и т.п.

Полуавтоматическая сегментация с элементами ИИ ускорит обработку данных и повысит точность 3D-реконструкции. В данное время клиники заинтересованы в снижении времени анализа изображений на 30–50%. Это можно решить с помощью интеграции ПО с PACS-системами, точность которых высока [3-4].

Реализуется подобная система разными путями, один из вариантов можно начать делать на языке программирования Python, Unity использовать для 3D-визуализации, особенно VR системы, используемый интерфейс будет Qt/PyQt либо веб-интерфейс, данные для анализа могут предоставить больницы в обмен на результаты обработки изображений

Анализ данных состоит из подбора изображений и их предобработки различными методами, например, нормализацией или фильтрацией шумов, алгоритмом прототипа будет являться глубокое обучение, в эту модель возможно интегрировать инструменты для ручной коррекции, по типу «лассо» или кисти, затем идёт построение поверхности [5].

Одним из вариантов финансирования данного проекта являются гранты или выплаты

от государства, институтов, которые могут быть заинтересованы в данном проекте.

В таблице 1 представлены данные с детализацией бюджета проекта.

Таблица 1 – Детализация бюджета проекта

Статья расходов	Стоимость (руб.)	Обоснование
Оборудование	900 000	Сокращение времени обучения моделей на 40%.
Зарботная плата	2 400 000	Формирование команды с экспертизой в ML и медицине.
Данные	300 000	Использование открытых датасетов снижает затраты на 20%.
Сертификация	250 000	Обеспечение доверия клиник и выхода на рынок.
Маркетинг	500 000	Привлечение первых 5 клиентов за 6 месяцев.
Итого:	4 350 000	

Есть также разные методы, чтобы оптимизировать расходы, к примеру, использовать облачные GPU на этапе прототипирования. Открытые датасеты для начального обучения моделей и аутсорс разметки данных вместо штатных радиологов.

В каждом проекте есть свои риски. В таблице 2 описаны некоторые из них и возможные методы противодействия.

Таблица 2 – Риски и пути их минимизации

Риск	Меры противодействия
Низкая точность алгоритма	Использование ансамбля моделей + активное обучение [1, 2]
Проблемы с регуляторикой (FDA/Росздравнадзор)	Сертификация как «вспомогательного инструмента» с учетом требований [2]
Конкуренция (3D Slicer, IntelliSpace)	Акцент на специализацию (сосуды мозга + удобный интерфейс) [3, 5]

Проект обеспечивает двойной эффект. Экономический – снижение операционных расходов клиник на 40% за счет автоматизации. Медицинский – повышение точности диагностики и безопасности операций.

Можно предположить, что при поддержке грантов и партнерства с клиниками проект окупится за 2 года, а к 2027 году выйдет на рынок с долей 5–7% в сегменте медицинской визуализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // arXiv:1505.04597 [cs.CV]. 2015.
2. Chen Y. et al. VesselNet: A Deep Convolutional Neural Network for 3D Cerebrovascular Segmentation // Medical Image Analysis. 2021.
3. Hernández-Vela A. et al. A Hybrid Semi-Automatic Method for Brain Vessel Segmentation in 3DRA // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. 2018.
4. Shang Y. et al. 3D Reconstruction of Cerebral Blood Vessels from MRA Using Level Sets // Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). 2015.
5. Livne M. et al. Topology-Aware Segmentation of Brain Vasculature // Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention. 2019.

Грасько Виталий Валерьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Магистрант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1235166@bsuedu.ru

УДК 004.738.5

Научный руководитель:
Медведева Александра Александровна,
доцент кафедры информационно-
телекоммуникационных систем и технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Э.Е. ДОЦЕНКО
E.E. DOTSENKO

АНАЛИЗ ТРАФИКА СЕТИ И ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ NETWORK TRAFFIC ANALYSIS AND PROBABILITY DENSITY FUNCTION CONSTRUCTION

В данной статье авторы освещают проблему анализа сетевого трафика и построения функции плотности вероятности временных интервалов между передаваемыми пакетами для оптимизации работы компьютерных сетей.

Ключевые слова: сетевой трафик; функция плотности вероятности; Cisco Packet Tracer; ARP; ICMP; TCP; анализ интервалов.

In given article authors shine a problem of network traffic analysis and the construction of a probability density function of time intervals between transmitted packets for optimizing the performance of computer networks.

Keywords: network traffic; probability density function; Cisco Packet Tracer; ARP; ICMP; TCP; interval analysis.

Для правильной настройки и оптимизации работы компьютерных сетей необходимо учитывать множество факторов, включая временные интервалы между передаваемыми пакетами. Изучение таких интервалов позволяет выявить особенности и закономерности сетевого трафика, что важно для повышения производительности и устранения потенциальных проблем. Для проведения этого исследования была построена сеть из двух компьютеров, коммутатора и сервера с использованием Cisco Packet Tracer, а также собраны данные о сетевом трафике.

В сети (рисунок 1) были использованы два компьютера (PC0 и PC1), коммутатор (Switch0) и сервер (Server0), все устройства подключены друг к другу с помощью кабелей типа «Copper Straight-Through». На каждом из компьютеров настроен статический IP-адрес, чтобы устройства могли обмениваться данными.

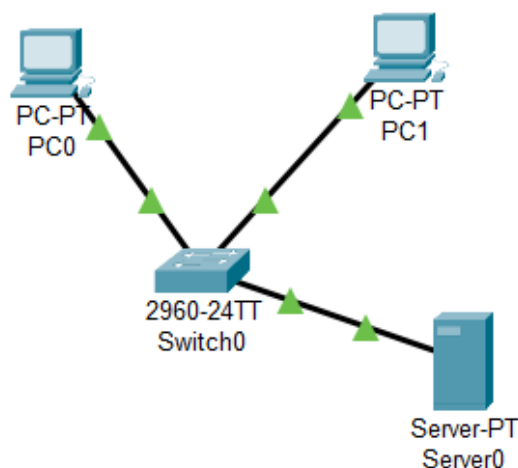


Рисунок 1 – Сеть из двух компьютеров, коммутатора и сервера

После построения сети и настройки устройств в Cisco Packet Tracer был включен режим симуляции, что позволило начать передачу трафика между компьютерами и сервером. В режиме симуляции можно было отслеживать передачу пакетов, а также собирать статистику о времени их передачи, типах пакетов (например, ICMP, ARP, TCP) и устройствах-источниках.

Во время выполнения симуляции трафика собраны данные о временных метках передачи пакетов. Важным аспектом в этом процессе – фиксирование времени каждого пакета, передаваемого между устройствами в сети. Например, в процессе пинга, ARP-запросов и других сетевых операций, пакеты передавались с определенным временным интервалом.

В процессе анализа были выполнены следующие действия:

1. Для ICMP использовалась команда ping с PC0 на PC1 и Server0 для проверки доступности устройств.
2. Для ARP автоматически отправлялись запросы на разрешение IP-адресов в MAC-адреса при установлении соединения, а также была использована команда arp -a для отображения ARP-таблицы.
3. Для TCP было установлено соединение через команду telnet с PC0 на Server0.
4. Для HTTP были отправлены запросы через веб-браузер с PC0 на Server0 для получения веб-страниц.
5. Для DHCP была выполнена команда ipconfig /renew на PC0, чтобы получить динамический IP-адрес от сервера.

Эти действия позволили собрать данные для анализа интервалов времени между пакетами.

В таблице 1 показаны результаты, полученные после симуляции.

Таблица 1 – Фрагмент данных, содержащий информацию о времени отправки пакетов и их типах

Time(sec)	Last Device	At Device	Type
0.000	--	PC0	ICMP
0.000	--	PC0	ARP
0.001	PC0	Switch0	ARP
2.003	--	PC0	ICMP
6.008	PC0	--	ICMP
6.008	PC0	Switch0	ARP
6.006	PC0	Switch0	ARP
8.007	PC0	--	ICMP
12.009	--	PC0	ICMP
12.009	--	PC0	ARP
12.010	PC0	Switch0	ARP
14.012	--	PC0	ICMP
18.012	--	PC0	ARP
18.013	PC0	Switch0	ARP
20.012	--	PC0	TCP
48.973	PC0	--	ARP
48.973	--	PC0	ARP
48.974	PC0	Switch0	ARP
48.976	Switch0	Server0	ARP

На основе этих данных построена гистограмма вероятности появления каждого типа трафика (рисунок 2), которая позволяет наглядно отобразить распределение различных типов пакетов, передаваемых в сети, в зависимости от их частоты. Этот график помогает понять, какой тип трафика является преобладающим в процессе передачи данных, а также выявить возможные аномалии в поведении сети.

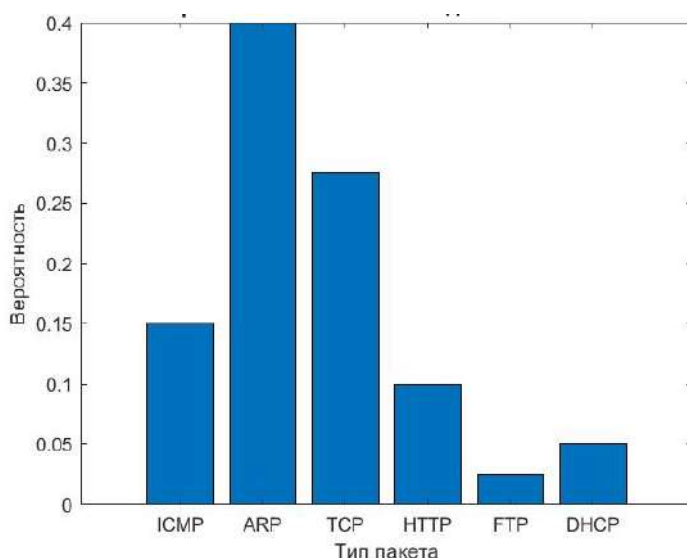


Рисунок 2 – Гистограмма вероятности появления каждого типа трафика

Гистограмма показывает, что наибольшую долю в сетевом трафике составляют ARP-запросы, с вероятностью около 40%, что свидетельствует о частом разрешении IP-адресов в MAC-адреса. TCP-соединения занимают второе место, что подтверждает активное использование протокола для передачи данных. ICMP также имеет заметное присутствие, что указывает на регулярное использование пинг-запросов для диагностики сети. Менее активными являются HTTP, FTP и DHCP, что отражает их более редкое использование в текущей сетевой конфигурации.

Как показано в таблице 1, сетевой трафик включает различные типы пакетов, каждый из которых передается с определенными интервалами времени. Для более детального анализа этих интервалов была построена функция плотности вероятности, отображенная на графике. Данный график показывает распределение временных интервалов между передачами пакетов в сети (рисунок 3).

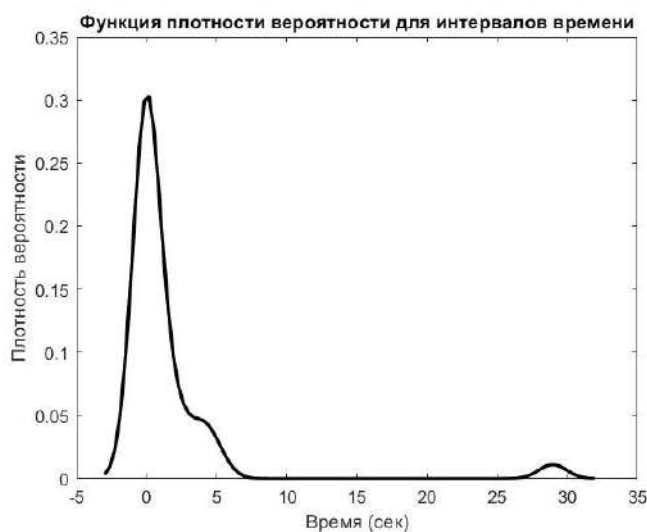


Рисунок 3 – График функции плотности вероятности

Видно, что большинство интервалов имеют значение близкое к нулю, что указывает на очень частые передачи пакетов. Пик в районе времени 0 секунд свидетельствует о том, что пакеты часто передаются с минимальными интервалами, что типично для сетевых операций, таких как ARP или ICMP. С уменьшением времени интервала плотность вероятности резко падает, что показывает, что более длинные интервалы между пакетами возникают гораздо реже. В целом, график демонстрирует, что сеть работает с высокой частотой передачи пакетов, а более длительные паузы между передачами встречаются крайне редко.

В ходе анализа сетевого трафика была построена модель сети и собраны данные о различных типах трафика, таких как ICMP, ARP, TCP и другие. Гистограмма показала преобладание ARP и TCP пакетов, что связано с частыми операциями разрешения адресов и установления соединений. Функция плотности вероятности выявила высокую частоту передачи пакетов с минимальными интервалами, что подтверждает интенсивность сетевой активности. Эти результаты позволяют более точно понять поведение сети и могут быть использованы для ее оптимизации и улучшения производительности.

В результате проведенного анализа сетевого трафика были выявлены ключевые особенности работы сети. На основе гистограммы оказалось, что наибольшую активность в сети вызывают пакеты ARP, что связано с их частым использованием для разрешения IP-адресов в MAC-адреса. TCP пакеты также занимают значительную долю трафика, что указывает на активную передачу данных и установление соединений. График функции плотности вероятности показал, что большинство интервалов между передачами пакетов минимальны, что подтверждает высокую частоту сетевых операций. Однако, несмотря на частоту передач, более длительные интервалы времени между пакетами наблюдаются крайне редко, что свидетельствует о стабильной и интенсивной работе сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Столбов, А.А. Анализ сетевого трафика: методы и инструменты / А.А. Столбов. – Текст: непосредственный // Безопасность информационных технологий. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 45–53.
2. Иванов, П.В. Построение и моделирование сетей в Cisco Packet Tracer / П.В. Иванов, Е.С. Ромашина. – Текст: непосредственный // Современные информационные технологии. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 78–84.
3. Белов, Н.К. Применение функции плотности вероятности в анализе сетевых данных / Н.К. Белов. – Текст: непосредственный // Вестник прикладной математики и информатики. – 2023. – Т. 12, № 3. – С. 32–39.
4. Tanenbaum, A.S. Computer Networks / A.S. Tanenbaum, D.J. Wetherall. – 5th ed. – Boston: Pearson, 2011. – 960 p.

Доценко Эвелина Евгеньевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

E-mail: evelinadocenko@gmail.com

УДК 62-526

Научный руководитель:
Шеметова Ольга Михайловна,
ассистент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Е.В. ЕЛЕСИН, А.С.УСКОВ
E.V. ELESINN, A.S. USKOV

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМОЙ

DESIGNING A CONTROL SYSTEM FOR A ROBOTIC PLATFORM

В статье рассматриваются вопросы разработки и реализации системы управления мобильными колесными роботами, представляющими особый практический интерес благодаря простоте их реализации и программирования. Основное внимание уделено архитектуре системы управления, включающей сенсорный блок, модули локализации, планирования пути и исполнительные механизмы. На примере роботизированной платформы TurtleBro описывается практическая реализация системы управления с использованием фреймворка ROS, обеспечивающего модульность и гибкость разработки. Приведены результаты испытаний на специально созданном полигоне, демонстрирующие работоспособность предложенного подхода. Визуализация в программе RVIZ подтверждает способность системы различать статические и динамические препятствия, а также эффективно планировать маршрут.

Ключевые слова: TurtleBro, ROS, RVIZ, система управления.

The article considers the development and implementation of a control system for mobile wheeled robots, which are of particular practical interest due to the simplicity of their implementation and programming. The main attention is paid to the architecture of the control system, including a sensor unit, localization modules, path planning and actuators. Using the example of the TurtleBro robotic platform, a practical implementation of the control system is described using the ROS framework, which ensures modularity and flexibility of development. The results of tests on a specially created testing ground are presented, demonstrating the operability of the proposed approach. Visualization in the RVIZ program confirms the ability of the system to distinguish static and dynamic obstacles, as well as effectively plan a route.

Keywords: TurtleBro, ROS, RVIZ, control system.

Мобильными роботами называют автоматические механизмы, способные функционировать без участия человека и самостоятельно перемещаться в пространстве. Среди большого разнообразия видов мобильных роботов, наибольший практический интерес вызывают колесные наземные мобильные роботы, по причине простоты реализации и программирования.

Система управления мобильным роботом, является основной составной частью информационно-управляющей системы, обеспечивает выработку закона управления исполнительными устройствами робота и формирование управляющих сигналов. Многообразие способов и систем управления позволяет группировать их по различным признакам (вид траектории, показатели качества управления, элементная база и т.д.). Для наглядности на рисунке 1 представлена схема управления современным колесным роботом.

У колесного робота есть сенсоры, которые дают нам информацию об окружающем мире и локализация, которая использует карту, которая на основе показаний сенсоров определяет собственное положение в пространстве. Далее идет планирование пути. То есть, зная, где человек находится, можно спланировать какие-то перемещения или действия. И здесь также нужно учитывать карту местности. А полученные данные от сенсоров покажут динамически детектируемые препятствия. Теперь, когда спланировано движение, создается алгоритм управления, который это движение будет осуществлять. Алгоритмы управления уже генерируют непосредственно команды, которые передаются на актуаторы.

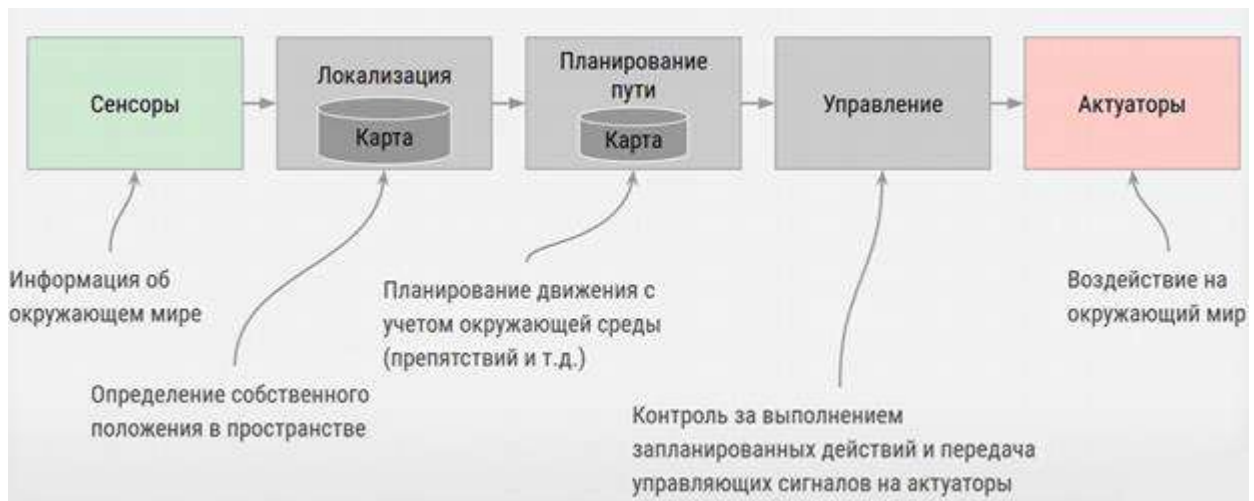


Рисунок 1 – Схема управления современным колесным роботом

Под актуаторами, здесь можно понимать разные манипуляторы или моторы с поворотным рулём, чтобы достичь конечной локации. То есть, спланировав путь, наметим определенное движение и дальше алгоритмами управления переводим это в команды, подаваемые на моторы и это уже влияет на угол поворота, на скорость и прочее. На практике, конечно же, все выглядит намного сложнее.

Для представления построения карты и позиционирования на ней, выберем мобильную роботизированную платформу TurtleBro. Далее осуществим сборку и наладку основных компонентов мобильного робота (рисунок 2).



Рисунок 2 – Основные компоненты мобильной роботизированной платформы TurtleBro

Для решения задачи настройки системного управления мобильного робота выполним подключение по протоколу SSH (рисунок 3). Мобильные роботы управляются преимущественно в локальной сети по беспроводному подключению и изначально поддерживают доступ по имени TurtleBro72. В качестве системы управления будет использован фреймворк ROS (Robot Operating System. Это платформа для разработки программного обеспечения для роботов, представляющая собой набор инструментов, библиотек и фреймворков. Она позволяет создавать сложные распределенные системы, в которых отдельные компоненты, называемые узлами, взаимодействуют друг с другом посредством передачи сообщений.


```

rosuser@rospc5:~$ ssh pi@turtlebro72.local
pi@turtlebro72.local's password:
Linux turtlebro72 5.10.52-v7l+ #1441 SMP Tue Aug 3 18:11:56 BST 2021 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Tue Feb 25 11:18:07 2025 from 192.168.1.33
pi@turtlebro72:~ $

```

Рисунок 3 – Подключение к мобильному роботу через протокол SSH

Основной принцип работы ROS заключается в модульности, что дает возможность разрабатывать и интегрировать различные компоненты независимо друг от друга. Система поддерживает несколько языков программирования, наиболее популярными из которых являются Python и C++. Благодаря обширной экосистеме и активному сообществу разработчиков, ROS предоставляет готовые решения для задач навигации, компьютерного зрения, управления манипуляторами и других областей робототехники. Она совместима с различными симуляторами, такими как Gazebo и Webots, что упрощает тестирование алгоритмов без использования реального оборудования. Осуществим просмотр доступных топиков (рисунок 4).

```

pi@turtlebro72:~ $ rostopic list
/bat
/client_count
/cmd_vel
/connected_clients
/diagnostics
/imu
/joint_states
/odom
/odom_pose2d
/raw_odom
/rosout
/rosout_agg
/scan
/tf
/tf_static
/web_tele
pi@turtlebro72:~ $

```

Рисунок 4 – Доступные топики

Для позиционирования в пространстве нам доступны следующие датчики и топики:

- датчик одометрии(/odom) – измеряет пройденное роботом расстояние, при помощи энкодеров, считывающих угол поворота колёс;
- датчик позиционирования в пространстве(/imu) – измеряет ускорение и угол наклона робота, при помощи гироскопа и акселерометра;
- лазерный лидар(/scan) – измеряет расстояние до объектов, при помощи лазерного излучения.

Их преимущества включают высокую скорость обработки данных и точность, но работа может быть затруднена в условиях сильной запыленности, дождя или на поверхностях, плохо отражающих лазерное излучение. Выполним проверку лазерного лидара (рисунок 5).

```

x: 0.0
y: 0.0
z: 0.0
angular_velocity_covariance: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
linear_acceleration:
  x: 0.0
  y: 0.0
  z: -9.800000190734863
linear_acceleration_covariance: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
---
header:
  seq: 75739
  stamp:
    secs: 1740482626
    nsecs: 392069658
  frame_id: "imu_link"
orientation:
  x: 0.0
  y: 0.0
  z: 0.0
  w: 1.0
orientation_covariance: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
angular_velocity:
  x: 0.0
  y: 0.0
  z: 0.0
angular_velocity_covariance: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
linear_acceleration:
  x: 0.0
  y: 0.0
  z: -9.800000190734863
linear_acceleration_covariance: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]

```

Рисунок 5 – Показания лидара

Для решения задачи картирования и локализации на карте роботом, необходима плоская рабочая поверхность с препятствиями и не просвечиваемыми стенками. Построим небольшой полигон для проверки работоспособности спроектированной системы управления (рисунок 6).



Рисунок 6 – Выбранный полигон

В качестве препятствий были выбраны модульные стенки, изготовленные из металлического профиля и напечатанных на 3D-принтере пластин. Расстановка препятствий на полигоне позволяет смоделировать реальные условия, в которых робот должен будет ориентироваться, что необходимо для тестирования алгоритмов навигации, построения точной карты местности и корректного планирования маршрута. После успешного построения карты робот переходит в режим патруля, где отрабатывает перемещение по заданным точкам.

В программе RVIZ осуществим визуализацию полигона, препятствия на котором представлены в следующем виде: чёрные точки – статические препятствия; фиолетовые точки – динамические препятствия; серые точки – доступное для перемещения пространство. Визуализация изображена на рисунке 7.

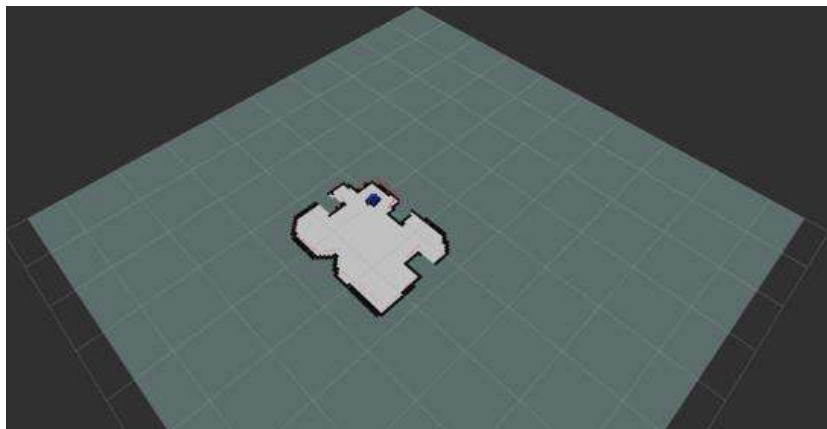


Рисунок 7 – Карта, полученная в ходе прохождения препятствий роботом

Рассмотренные ключевые аспекты управления мобильными колесными роботами, представляют практический интерес благодаря своей относительной простоте реализации. Проанализированная архитектура системы управления современного робота, включает сенсорный блок, модули локализации, планирования пути и исполнительные механизмы. На примере платформы TurtleBro продемонстрирована практическая реализация системы управления с использованием фреймворка ROS, обеспечивающего модульность и гибкость разработки. Делая вывод, можно сказать о том, что современные фреймворки и подходы к проектированию позволяют создавать эффективные системы управления мобильными роботами, способные решать практические задачи навигации в условиях реальной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов, М.В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами: учебное пособие для среднего профессионального образования / М. В. Архипов, М. В. Вартанов, Р. С. Мищенко. – 2-е изд., испр. И доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 170 с.
2. Зольников, И. Д. Введение в геоинформационные системы и дистанционное зондирование: учебное пособие для среднего профессионального образования / И. Д. Зольников. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 118 с.
3. Иванов, А.А. Основы робототехники: учебное пособие / А.А. Иванов. – 2-е изд., испр. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 223 с.
4. Основы мехатроники: учебное пособие для СПО / И.В. Абрамов, А.И. Абрамов, Ю.Р. Никитин, С.А. Трефилов. — Саратов: Профобразование, 2021. – 179 с.
5. Рогов, В. А. Технические средства автоматизации и управления: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Рогов, А. Д. Чудаков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 352 с.

Елесин Егор Вадимович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент колледжа, ЦМК информационных систем и программного обеспечения
E-mail: 1540284@bsuedu.ru

Усков Александр Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент колледжа, ЦМК информационных систем и программного обеспечения
E-mail: 1548709@bsuedu.ru

УДК 004

*Научный руководитель:
Нестерова Елена Викторовна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

О.А. ЕРЕМИН
O.A. EREMIN

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕЙТИНГОВАНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТОВ

THE DEVELOPMENT OF A RATING MODEL FOR A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF STUDENTS ACHIEVEMENTS

В статье рассматривается актуальная проблема разработки модели рейтингования для оценки достижений студентов, позволяющей учитывать не только академические показатели, но и научную, общественную, культурно-творческую и спортивную деятельность. Представлен комплексный подход к формированию рейтинговой оценки, описаны методологические аспекты и преимущества предложенной модели. Описаны критерии, алгоритмы и информационные технологии, используемые для реализации модели. Проведён анализ практической значимости и научной новизны исследования.

Ключевые слова: рейтингование студентов, модель оценки, образовательная мотивация, академическая активность, многокритериальный анализ.

The article considers the urgent problem of developing a rating model for assessing students' achievements, which allows to take into account not only academic indicators, but also scientific, social, cultural, creative and sports activities. An integrated approach to the formation of a rating assessment is also presented, methodological aspects and advantages of the proposed model are described. The criteria, algorithms, and information technologies used to implement the model are described. The analysis of the practical significance and scientific novelty of the research is carried out.

Keywords: student rating, assessment model, educational motivation, academic activity, multi-criteria analysis.

Современная образовательная система требует эффективных и объективных механизмов оценки достижений студентов. Традиционные методы, не учитывают широкий спектр активности студентов, включая их научную, общественную, спортивную и культурно-творческую деятельность. Это приводит к снижению мотивации студентов к внеучебной активности, а также к затруднениям при принятии управленческих решений.

Целью исследования является разработка комплексной модели рейтингования студентов, которая обеспечивает объективную и прозрачную оценку достижений по разным направлениям деятельности.

Рейтингование студентов – одна из наиболее объективных форм оценки их достижений, хотя и не исключает использование других методов оценки, принятых в образовательной организации. Оно может органично сочетаться с системой академического контроля, индивидуальными образовательными траекториями и механизмами поощрения, включая назначение повышенных стипендий [1, 2].

Рейтинговая оценка студентов обладает рядом преимуществ:

- возможность отслеживания текущих результатов учебной, научной, общественной, культурно-творческой и спортивной деятельности студентов на протяжении учебного года;
- прозрачная и развернутая процедура оценки достижений, основанная на заранее определенных и доступных для ознакомления критериях;
- соответствие формы и цели рейтинговой оценки, направленной на стимулирование активности студентов и повышение мотивации к всестороннему развитию;

- развитие у студентов навыков самооценки и самоанализа, формирование ответственности за результаты собственной деятельности и участие в образовательной среде.

Уровень рейтинга обучающегося является важнейшим индикатором его активности и результативности. Содержательный и статистический анализ рейтинга позволит сформировать обобщённые характеристики индивидуальных достижений студента, что упростит принятие обоснованных решений при назначении повышенных академических стипендий, участия в конкурсах, формировании кадрового резерва, распределении поощрений и планировании индивидуальных образовательных траекторий [3-5].

Таким образом, из вышесказанного следует понимать, что рейтинг студента рассматривается как интегральный показатель, отражающий качество его учебной, научной, общественной, культурно-творческой и спортивной деятельности, позволяющий определить степень активности, успешности и вовлеченности в образовательный процесс.

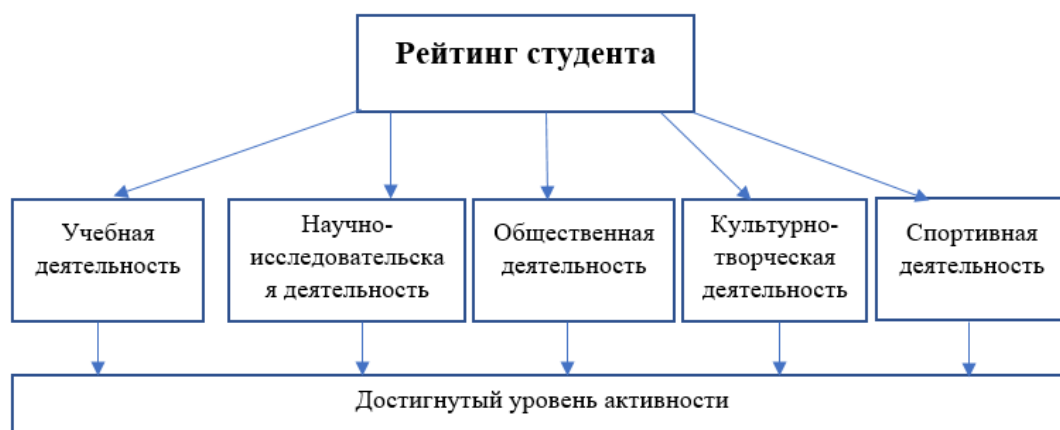


Рисунок 1 – Схема комплексного подхода к определению рейтинга студента

Предлагаемая модель основывается на многокритериальном анализе, включает направления деятельности, представление об индивидуальном числовом показателе достижений каждого студента, отражающем уровень его активности и результативности.

Для каждого направления разработан набор критериев и количественных показателей, используются алгоритмы агрегирования данных, обеспечивающие ранжирование студентов на уровне группы, курса, специальности, факультета/института и университета. Модель, включает интегральный (накопительный) и текущий (отчётный) рейтинги. В ней заложены четко регламентированные критерии и прозрачная процедура оценки.

В качестве источников данных для расчета рейтинга используются сведения из информационных систем вуза, студенческих личных кабинетов, а также подтвержденные данные от структурных подразделений (деканатов, центров студенческих инициатив, библиотек, кафедр и др.). Все критерии имеют четкую и утвержденную интерпретацию, что требует соблюдения единых правил при заполнении таблиц и форм отчетности.

В системе рейтингования учитываются показатели первых четырех групп, каждая из которых содержит набор критериев с присвоением определенного количества баллов. Пятая группа «Оценка спортивной активности» может носить информационный и мотивационный характер, и по решению университета может как влиять, так и не влиять на итоговый рейтинг. В каждом из направлений на основе подтвержденных достижений анализируется персональная продуктивность студента. Баллы, начисленные по каждому критерию, суммируются, формируя итоговый рейтинг студента за учебный год. Контроль за своевременным внесением и достоверностью данных осуществляют: кураторы академических групп – по каждому студенту, заместители деканов и

сотрудники деканатов – по курсам и факультетам, департамент воспитательной деятельности, департамент образовательной политики и другие ответственные подразделения.

Общий контроль координируется проректорами по направлениям: учебная работа, наука, воспитательная деятельность, цифровая трансформация, а также ректором и первым проректором. Предложенная модель отличается комплексностью и многокритериальностью, позволяя объективно оценивать и сравнивать студентов по широкому кругу критериев.

Для реализации предложена цифровая платформа с интеграцией в информационную систему управления вузом, обеспечивающая автоматизацию сбора и анализа данных.

Таким образом, предлагаемая модель представляет собой перспективный подход к организации оценки достижений студентов и может быть рекомендована к внедрению в практику высших учебных заведений.

Практическая значимость исследования заключается в создании эффективного инструмента управления и мотивации студентов, способного влиять на образовательную среду, способствовать развитию навыков самооценки, формированию ответственности студентов за собственные достижения, а также упростить принятие решений по поощрениям и планированию индивидуальных образовательных траекторий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная информационная система предоставления электронных услуг в сфере образования / А.Н. Немцев, А.И. Штифанов, В.А. Беленко [и др.] – Текст: непосредственный // Научные ведомости Серия История. Политология. Экономика. Информатика. - Выпуск 21/1. - 2012. - С. 203-215.

2. Автоматизированная информационная система мониторинга учебного процесса (Электронная школа) / С. Н. Немцев, А. И. Штифанов, В. А. Беленко [и др.] – Текст: непосредственный // Открытое и дистанционное образование. – 2012. – № 3(47). – С. 39-46.

3. Проектирование автоматизированной информационной системы мониторинга деятельности образовательных учреждений и предоставления "электронных услуг" в сфере образования / А. Н. Немцев, А. И. Штифанов, В. А. Беленко [и др.] – Текст: непосредственный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. – 2011. – № 13(108). – С. 150-160.

4. Огнегина, П. С. Организация учета достижений студентов в культурно-творческой деятельности при помощи автоматизированной системы / П. С. Огнегина, А. А. Попов – Текст: непосредственный // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием), Красноярск, 18–19 апреля 2024 года. – Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2024. – С. 479-481.

5. Огненин, К. Е. Организация учета научно-исследовательских достижений студентов в университете при помощи автоматизированной системы / К. Е. Огненин, А. А. Попов – Текст: непосредственный // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием), Красноярск, 18–19 апреля 2024 года. – Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2024. – С. 476-478.

Еремин Олег Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

Email: eremin_o@bsuedu.ru

УДК 551.511.61

Научный руководитель:
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

М.А. ЗИНОВЬЕВА
M.A. ZINOVYEVA

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ АНТИБИОТИКОВ ПРИ ИНГИБИРОВАНИИ

FEATURES OF MODELING THE PROCESS OF ANTIBIOTICS FERMENTATION DURING INHIBITION

В данной статье рассматриваются особенности моделирования ферментационных процессов при разработке и производстве лекарственных препаратов. Автором рассмотрены основные математические модели, используемые для описания ферментационных процессов микроорганизмов. Обозначена необходимость использования более сложных математических моделей ферментационного процесса. Показан процесс изменения существующей модели с учетом ингибирования и массообмена. Также был сделан вывод о преимуществах измененной модели.

Ключевые слова: математическая модель, ферментация, ингибирование.

This article discusses the features of modeling fermentation processes in the development and production of medicines. The author considers the basic mathematical models used to describe the fermentation processes of microorganisms. The necessity of using more complex mathematical models of the fermentation process is indicated. The process of changing the existing model, taking into account inhibition and mass transfer, is shown. It was also concluded about the advantages of the modified model.

Keywords: mathematical model, fermentation, inhibition.

Процесс ферментации антибиотиков является важным этапом в производстве множества жизненно важных лекарственных средств. Моделирование процесса ферментации антибиотиков играет ключевую роль в оптимизации производства, улучшении качества и увеличении выхода продукции. В данной статье рассмотрены особенности моделирования процесса ферментации антибиотиков, основные методы и подходы, используемые для усовершенствования уже существующих математических моделей данного процесса.

Процесс ферментации антибиотиков требует тщательного контроля и оптимизации различных параметров, таких как температура внутри ферментатора, pH питательной среды для культивируемых микроорганизмов, концентрация кислорода и углерода в культурологической жидкости, а также время инкубации перед началом роста биомассы. Учитывая сложность и многофакторность данного процесса, моделирование ферментации становится необходимым инструментом для достижения максимального выхода антибиотиков.

Моделирование ферментации антибиотиков имеет несколько целей. Во-первых, оно позволяет прогнозировать поведение системы при изменении различных параметров, таких как состав питательной среды или скорость подачи кислорода. Во-вторых, моделирование помогает оптимизировать процессы и снизить затраты на производство. В-третьих, оно способствует улучшению качества продукции и повышению стабильности ее выхода.

Основным типом математических моделей для данного процесса являются отдельные или системы дифференциальных уравнений, которые описывают изменения концентрации субстратов, клеток микроорганизмов и выхода конечного продукта в процессе ферментации.

Модель Моно или модель экспоненциального роста основана на предположении, что скорость роста микроорганизмов прямо пропорциональна концентрации доступного субстрата. Эта модель подходит для описания процессов в условиях, когда ресурсы не ограничены, и рост клеток происходит в оптимальных условиях [1].

Данная модель довольно проста, поэтому имеет ограничения по применению. Это значит, что такая модель наиболее актуальна для фазы экспоненциального роста, но не подходит для стадии стационарного роста или угасания.

Модель Иерусалимского является более сложной и учитывает влияние концентрации субстрата на скорость роста. Эта модель описывает зависимость между концентрацией субстрата и ростом микроорганизмов с использованием уравнения, подобного тем, что используют для описания кинетических моделей [1].

Кинетические модели ферментации помогают предсказывать выход антибиотиков и эффективность использования ресурсов. Модели кинетики ферментации описывают динамику роста микроорганизмов и процесс превращения субстратов в продукты, такие как антибиотики [2]. Здесь важна взаимосвязь между скоростью роста клеток и продукцией метаболитов. Модели учитывают скорость, с которой микроорганизмы используют питательные вещества, такие как углеводы, для роста и метаболизма. В качестве примера стоит рассмотреть модель Михаэлиса-Ментен.

Данная модель описывает скорость ферментативной реакции в зависимости от концентрации субстрата. Уравнение, показанное ниже, предполагает, что скорость реакции достигает максимума при определенной концентрации субстрата:

$$\vartheta = \frac{\vartheta_{max} * [S]}{K_m + [S]}, \quad (1)$$

где ϑ – скорость реакции (1/ч), $[S]$ – концентрация субстрата (г/л), ϑ_{max} – максимальная скорость реакции (1/ч), K_m – константа Михаэлиса [3].

Модель подходит для описания начальной стадии ферментации антибиотиков, однако не учитывает взаимодействие с другими метаболитами и влияние ингибиторов.

Модель логистической функции описывает рост микроорганизмов и связывает его с доступными ресурсами. Она учитывает насыщение среды и может быть полезна для описания конкуренции между микроорганизмами [4]. Модель можно описать уравнением:

$$N(t) = \frac{K}{1 + \frac{K - N_0}{N_0} e^{-rt}}, \quad (2)$$

где $N(t)$ – количество микроорганизмов в момент времени t (г/л), K – емкость среды (г/л), N_0 – начальное число микроорганизмов (г/л), r – скорость роста микроорганизмов (ч⁻¹).

Данная модель подходит для предсказания роста клеток в процессе ферментации антибиотиков, особенно на ранних стадиях, когда ресурсы ограничены.

Диффузионные модели описывают перемещение веществ в ферментационном процессе. Эти модели важны для понимания, как субстраты и продукты перемещаются внутри реактора. Используются уравнения диффузии для описания изменений концентрации веществ во времени и пространстве [5].

В более общем случае, когда учитываются изменения концентрации во времени, используется уравнение Фика второго рода:

$$\frac{dC}{dt} = D * \frac{d^2C}{dx^2}, \quad (3)$$

где D – коэффициент диффузии, $\frac{d^2c}{dx^2}$ – вторичная производная концентрации по координате, отражающая изменение градиента концентрации.

Модель критична для определения условий в ферментаторах, особенно при производстве антибиотиков, где концентрация продукта может оказывать влияние на скорость реакции.

Для того, чтобы математическое моделирование соответствовало реальным условиям производства антибиотиков, можно применять модели, которые учитывают большее число параметров. Например, модели, основанные на многокомпонентной кинетике, описывают динамику всех ключевых веществ в процессе ферментации, включая клетки, субстраты и продукты, а не только основные компоненты. Также стоит использовать нелинейные уравнения, которые более точно отражают реальные процессы, такие как реакции массообмена кислорода и ингибирования.

Для описания ингибирования субстратом часто используется модифицированное уравнение Моно, известное как модель Эндрюса [6]:

$$\mu = \frac{\mu_{max} * S}{K_s + S + \frac{S^2}{K_i}} \quad (4)$$

где μ – удельная скорость роста микроорганизмов, μ_{max} – максимальная удельная скорость роста (1/ч), S – концентрация субстрата (г/л), K_s – константа полунасыщения (г/л), K_i – константа ингибирования субстратом (г/л).

В процессе ферментации крайне важно не допустить ингибирования субстратом. Это может привести к нестабильности процесса, что проявляется в колебаниях роста биомассы и синтеза продукта. Такие колебания усложняют масштабирование процесса до промышленных масштабов.

Модель с учетом ингибирования описывается системой уравнений [7]:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \mu * X \\ \frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_{X/S}} * \mu * X - m * X \\ \frac{dP}{dt} = q_P * X - m * P \end{cases} \quad (5)$$

где $Y_{X/S}$ – выход биомассы на субстрат, т.е. коэффициент эффективности (г/г), q_P – удельная скорость синтеза антибиотика (г/(г·ч)), m – эмпирический параметр.

Кислород является критическим субстратом для аэробных микроорганизмов. Его концентрация в среде влияет на скорость роста. Массообмен кислорода можно описать следующим образом:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = k_L a * (C^*_{O_2} - C_{O_2}) - q_{O_2} * X, \quad (6)$$

где $C^*_{O_2}$ – насыщенная концентрация кислорода в жидкости (г/л), $k_L a$ – коэффициент массопередачи (1/ч) (зависит от аэрации и перемешивания), q_{O_2} – удельная скорость потребления кислорода клетками (г/(г·ч)).

Математическая модель ферментации антибиотика с учетом ингибирования и массообмена кислорода включает несколько ключевых компонентов: рост биомассы, потребление субстрата, синтез антибиотика и изменение концентрации кислорода в биореакторе. Для учета массообмена в уравнениях изменения биомассы и субстрата в (5) введем член $\mu_{max} * \frac{S}{K_S + S} * \frac{C_{O_2}}{K_{O_2} + C_{O_2}} * X$, описывающий скорость роста в зависимости от концентрации кислорода. Физический смысл заключается в следующем: при сильном лимитировании рост будет пропорционален C_{O_2} , однако при избытке кислорода рост будет зависеть только от субстрата. Следовательно, уравнение роста биомассы примет вид:

$$\frac{dX}{dt} = \mu_{max} * \frac{S}{K_S + S} * \frac{C_{O_2}}{K_{O_2} + C_{O_2}} * X - k_d * X, \quad (7)$$

где k_d – константа гибели клеток (1/ч).

С учетом (7) потребление субстрата описывается следующим уравнением:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_{X/S}} * \mu_{max} * \frac{S}{K_S + S} * \frac{C_{O_2}}{K_{O_2} + C_{O_2}} * X. \quad (8)$$

Уравнение (8) связывает потребление субстрата, рост биомассы X , а также лимитирующее влияние субстрата S и кислорода C_{O_2} .

Синтез антибиотика в (5) описывается уравнением:

$$\frac{dP}{dt} = q_P * X - k_{deg} * P, \quad (9)$$

где k_{deg} – константа деградации продукта (1/ч).

Учет аэрации происходит через параметры q_P и k_{deg} . Важно определить, как будет рассчитываться удельная скорость синтеза антибиотика из уравнения (9), ведь данный параметр имеет прямую зависимость от концентрации кислорода. Для определения удельной скорости синтеза антибиотика используется уравнение:

$$q_P = q_{P,max} * \left(1 - \frac{P}{P_{max}}\right)^m, \quad (10)$$

где $q_{P,max}$ – максимальная удельная скорость синтеза антибиотика, m – эмпирический параметр.

Разработанная модель (уравнения (7) – (9)) была программно реализована в среде для численных вычислений MATLAB. Для проверки адекватности модели было проведено сравнение результатов моделирования и экспериментальных данных лабораторного ферментирования. Экспериментальные данные были взяты из исследования Университета Альберты в Канаде, где рассматривалось влияние уровня растворённого кислорода на рост и выработку антибиотиков при ферментации *Streptomyces clavuligerus* [9]. В ферментаторе при постоянной скорости сдвига и массопереноса использовалась пропорционально-интегральная система управления. Рост и выработка антибиотика цефамицина C изучались при различных уровнях растворённого кислорода во время ферментации. Был использован протокол без контроля уровня кислорода для базового случая. При этом концентрация кислорода измерялась как процент от насыщения. Начальная сатурация была 100 %. Повышение урожайности не зависело от уровня растворённого кислорода в диапазоне 50-100% насыщения [9]. Ниже представлены графики экспериментальных данных и результатов моделирования.

Исходя из анализа результатов моделирования и лабораторных исследований можно сделать несколько выводов.

Модель корректно описывает кинетику роста. Данные хорошо согласуются, особенно в фазе экспоненциального роста с 20 до 60 часов. Также максимальная биомасса достигается к 80-100 часам, после чего рост замедляется в следствии истощения субстрата. Погрешность динамики биомассы колеблется в пределах 2.15 – 5.3 %.

Модель предсказывает общий тренд в накоплении продукта. Лаг-фаза продукции соответствует вторичному метаболизму. В среднем погрешность составляет 4,8 %, максимальная погрешность – 12,5%.

Кислородный баланс в модели адекватен, так как отклонение от экспериментальных данных менее 5 % подтверждает правильность коэффициента массопередачи и удельной скорости потребления кислорода клетками.

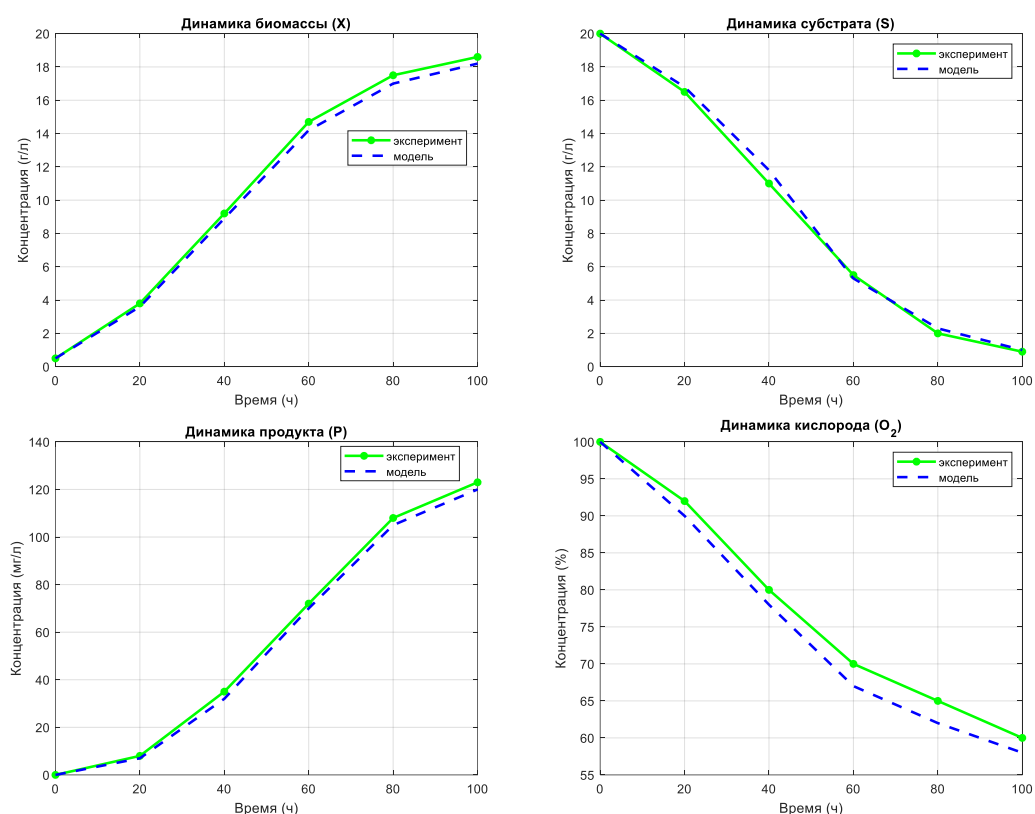


Рисунок 1 – Графики сравнения выходных данных эксперимента и моделирования

Среднеквадратичное отклонение между результатами моделирования и эксперимента: по количеству биомассы – 0.1941, по количеству субстрата – 0.3430, по выводу продукта – 1.2649, по концентрации – 1.0954.

Исходя из общепринятых стандартов биохимической инженерии [10], допустимая погрешность для биомассы лежит в пределах 5-7%. Для субстрата этот показатель может достигать 15%, если это не влияет на прогноз лимитирования. Для вторичных метаболитов допустима погрешность выхода продукта до 20% из-за сложной кинетики. Диапазон погрешности для кислорода – это 3-8%, так как требуется высокая точность из-за чувствительности клеток к гипоксии.

Оценивая результаты моделирования, можно сделать вывод об адекватности предложенной модели на основе оценки погрешностей ключевых параметров и корректно предсказанных трендов на графиках.

Таким образом, усовершенствованная модель помогает сократить время лабораторных исследований. Для ферментации разных типов микроорганизмов требуется довольно долгий срок наблюдения: ферментация грибов занимает до 7 суток, ферментация

актиномицетов – до 5 дней, а ферментация бактерий – около 2 суток [11]. При этом через каждые 6-12 часов из ферментатора отбирают пробу для проверки антибиотика на активность. Моделирование процесса ферментации с аэрацией и ингибированием помогает свести этот этап к комплексу математических расчетов.

Полученные в ходе исследований результаты позволяют сделать вывод о том, что математическая модель процесса ферментации с учетом аэрации и ингибирования представляет собой мощный инструмент для анализа и оптимизации фармакологического производства. Разработанная модель может широко использоваться при масштабировании биореактора или для оптимизации fed-batch процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ксенофонов, Б. С. Основы микробиологии и экологической биотехнологии / Б. С. Ксенофонов. – Москва : ФОРУМ, 2019. – 221 с. – Текст : непосредственный.
2. Яблонский, Г. С. Химическая и биологическая кинетика / Г. С. Яблонский, М. Г. Кузьмин, С. Д. Варфоломеев. – Москва : Изд-во МГУ, 1983. – 295 с. – Текст : непосредственный.
3. Мелас, В. Б. Исследование максиминно эффективных планов для модели Михаэлиса–Ментена / В. Б. Мелас, Ю. М. Старосельский. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2006. – № 2. – С. 41-49.
4. Вахенхайм, Д. Э. Анализ модели логистической функции: вывод и применение для микроорганизмов, выращиваемых в периодических условиях. / Д. Э. Вахенхайм. – Текст : электронный // PubMed : [сайт]. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12653281/> (дата обращения: 08.04.2025).
5. Diffusion models in bioinformatics and computational biology / Guo Zhiye et al. — Текст : электронный // PubMed : [сайт]. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38576453/> (дата обращения: 08.04.2025).
6. Modelling of Molasses Fermentation for Bioethanol Production: A Comparative Investigation of Monod and Andrews Models Accuracy Assessment. / Zentou et al. – Текст : электронный // PubMed : [сайт]. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31357463/> (дата обращения: 08.04.2025).
7. Математическое моделирование процесса непрерывной ферментации при получении молочной кислоты / Ю. Л. Гордеева, А. Г. Бородкин, Е. Л. Гордеева, Е. Г. Рудаковская. – Текст : непосредственный // Теоретические основы химической технологии. – 2019. – № 4. – С. 402-409.
8. Bailey, J. E. Biochemical Engineering Fundamentals / J. E. Bailey, D. F. Ollis. – 2. – New York : McGraw-Hill, 1986. – 984 с. – Текст : непосредственный.
9. Effect of dissolved oxygen control on growth and antibiotic production in *Streptomyces clavuligerus* fermentations. / Yegneswaran, K. P, Gray [и др.]. – Текст : непосредственный // Biotechnology Progress. – 1991. – № 7(3). – С. 246-250.
10. John, Villadsen Bioreaction Engineering Principles / Villadsen John. – Текст : электронный // books.google.ru : [сайт]. – URL: https://books.google.ru/books?id=Sq2VJ3D_QOwC&hl=ru (дата обращения: 16.04.2025).
11. Сазыкин, О. Биотехнология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. Сазыкин, С. Н. Орехов, И. И. Чакалева. – 3. – Москва : Академия, 2008. – 256 с. – Текст : непосредственный.

Зиновьева Мария Алексеевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1560992@bsu.edu.ru

УДК 004.032

*Научный руководитель:
Суржик Дмитрий Игоревич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

С.А. ИВАНОВ
S.A. IVANOV

ТАХЕОМЕТРЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТОЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

TOTAL STATIONS IN ENSURING THE ACCURACY OF METAL STRUCTURES WITH COMPLEX SHAPES

Данная статья посвящена обзору применения тахеометров в обеспечении контроля точности металлоконструкций сложной формы.

Ключевые слова. Контроль геометрических параметров, металлоконструкции, электронный тахеометр.

This article is devoted to the review of total station application in providing accuracy control of metal structures of complex shape.

Keywords. Control of geometric parameters, metal structures, electronic total station.

Металлоконструкции играют ключевую роль в современном строительстве, выступая основой как для промышленных, так и гражданских объектов. Их универсальность и гибкость в проектировании позволяют инженерам реализовывать разнообразные архитектурные решения. Быстрый монтаж и возможность внедрения надежных и долговечных технологий делают металлоконструкции идеальными для адаптации под различные требования и стили. Это способствует созданию функциональных и эстетически привлекательных зданий, отвечающих современным стандартам.

Контроль точности геометрии металлоконструкций сложной формы является ключевым аспектом обеспечения качества и соответствия требованиям нормативной документации. Данный контроль осуществляется путем сравнения фактических размеров с проектными, что гарантирует интеграцию конструкции в общую систему, а также учитывает ряд факторов, связанных с безопасностью, надежностью и долговечностью конструкций.

Очевидно, что при наличии сложных форм ручные методы измерения часто оказываются неэффективными или даже невозможными. Поэтому возникает необходимость в широком использовании тахеометров и других высокоточных инструментов, которые позволяют автоматизировать процесс измерений.

В широком смысле тахеометр представляет собой геодезический прибор, который объединяет функции теодолита и дальномера, что позволяет измерять углы и расстояния [2]. На основании полученных данных с использованием тригонометрических расчетов возможно вычисление трехмерных координат точки (X, Y, Z), на которую направлен прибор. Процесс измерения точек с помощью тахеометра называется съемкой. Результаты измерений могут быть отображены на экране устройства или экспортированы в другое программное обеспечение для последующей обработки и анализа.

Можно выделить 3 основных способа применения тахеометров при контроле сложной геометрии металлоконструкций:

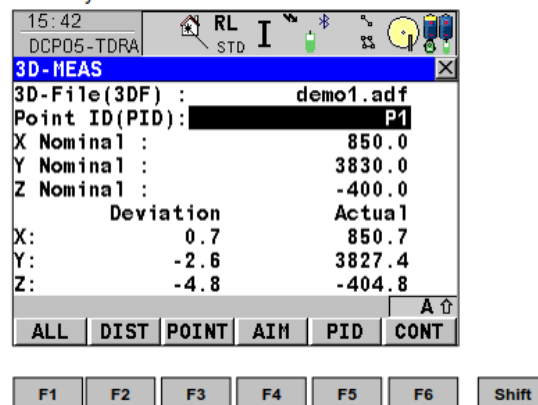
1. Измерение расстояний.
2. Сравнение фактических координат измеренных точек с проектными.
3. Получение массива точек и сравнение с 3D моделью.



Второй метод (рис. 2) несколько сложнее первого и включает в себя [2]:

- а) предварительный расчет теоретических (проектных) координат точек, который может быть выполнен либо на основе 3D модели конструкции, либо на основе данных из рабочих чертежей;
- б) съёмка фактических точек непосредственно на площадке и на конструкции;
- в) получение отклонений фактических координат от проектных. Отклонение в данном случае рассчитывается как разность между фактической координатой и теоретической (проектной) координатой.

Navigation and function selection is done via **Arrow** and **Func Shift** key.



Третий метод заключается в получении координат массива (облака) измеренных точек с помощью тахеометра и последующем сравнении этих данных с 3D моделью (рис. 3). В отличие от предыдущих методов, в этом случае выявление отклонений происходит в программном обеспечении, использующем 3D модель. Данный этап является наиболее трудоёмким при контроле отклонений от проекта [3].

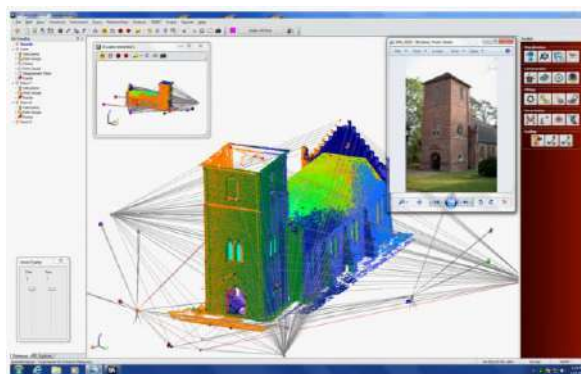


Рисунок 3 – Пример сшивания облака измеренных точек с 3D моделью в программе SpatialAnalyzer

Применение тахеометра для контроля геометрических параметров металлоконструкций сложной формы имеет несколько значительных преимуществ по сравнению с ручными методами измерений. Вот некоторые из них:

1. Высокая точность измерений: Тахеометры обеспечивают более точные и надежные данные, что особенно важно для сложных конструкций, где малейшие отклонения могут иметь серьезные последствия.

2. Скорость измерений: Тахеометры позволяют быстро получать данные о координатах точек, что значительно ускоряет процесс измерений по сравнению с ручными методами.

3. Автоматизация процессов: Современные тахеометры могут быть интегрированы с программным обеспечением для автоматической обработки данных, что снижает вероятность человеческой ошибки и упрощает анализ результатов.

4. Работа в сложных условиях: Тахеометры могут использоваться в условиях, где ручные методы измерений могут быть затруднены, например, на высоте или в труднодоступных местах.

5. Многопрофильные измерения: Тахеометры могут одновременно измерять несколько параметров, что позволяет получать комплексные данные о конструкции за один подход.

6. Документация и визуализация: Данные, полученные с помощью тахеометра, легко интегрируются в 3D-модели, что позволяет визуализировать результаты и подробные отчеты.

7. Снижение трудозатрат: Использование тахеометра уменьшает количество необходимых для измерений специалистов и снижает трудозатраты.

Эти преимущества делают тахеометр незаменимым инструментом для контроля качества и точности в строительстве и производстве металлоконструкций сложной формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин, В. А. Изучение тахеометра: от простого к сложному / В. А. Калинин, Л. А. Грибова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 231-234. – EDN XYBUOD.
2. Руководство по эксплуатации DCP05 for TDRA6000 – Software Structure.
3. Курс инженерной геодезии : учеб.-метод. пособие для студентов К93 строительных и транспортных специальностей БелГУТа. В 2 ч. Ч. II / Е. К. Атрошко [и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 187 с. - ISBN 978-985-468-862-6 (ч. II).

Иванов Сергей Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: umsivanov@mail.ru

УДК 004.94

Научный руководитель:
Шеметова Ольга Михайловна,
ассистент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Н.В. ИГНАТЕНКО
N.V. IGNATENKO

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ COMPUTER MODELING IN PRODUCT DESIGN

В статье рассматриваются современные подходы к математическому моделированию механических систем с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Особое внимание уделено прикладному уровню моделирования, где применяется комплексный подход CAD-CAE, позволяющий создавать адекватные геометрические модели с последующим конечно-элементным анализом. Исследование демонстрирует эффективность метода штрафных функций для моделирования контактных взаимодействий, а также важность соблюдения критерия Куранта при выборе временного шага расчетов. Представленные результаты подтверждают, что предложенная методология обеспечивает точное описание сложных механических систем при сохранении разумных вычислительных затрат, что делает ее перспективной для применения в различных областях машиностроения.

Ключевые слова: МКЭ, CAD, CAE, КЭ модель.

The article discusses modern approaches to mathematical modeling of mechanical systems using the finite element method (FEM). Particular attention is paid to the applied level of modeling, where an integrated CAD-CAE approach is used, allowing for the creation of adequate geometric models with subsequent finite element analysis. The study demonstrates the effectiveness of the penalty function method for modeling contact interactions, as well as the importance of observing the Courant criterion when choosing the time step of calculations. The presented results confirm that the proposed methodology provides an accurate description of complex mechanical systems while maintaining reasonable computational costs, which makes it promising for use in various areas of mechanical engineering.

Keywords: FEM, CAD, CAE, FE model.

Математическое моделирование представляет собой мощный инструмент для анализа поведения сложных систем путем создания их виртуальных аналогов, где все процессы описываются строгими математическими формулами. Этот метод нашел широкое применение в науке, промышленности, экономике и других сферах благодаря развитию вычислительной техники. Современное математическое моделирование способно не только точно воспроизводить реальные процессы, но и служить эффективным инструментом для принятия управленческих решений в различных предметных областях [1].

В математическом моделировании механических систем применяются два уровня моделирования: фундаментальный (общие модели для широкого класса объектов, включая модели сплошных сред) и прикладной (конкретные технические системы). В данной работе используется прикладной уровень для моделирования, где выбираются и адаптируются модели, разработанные на фундаментальном уровне. Ключевым методом исследования выбран метод конечных элементов (МКЭ), который требует тщательной подготовки модели и преобразует сложные дифференциальные уравнения в системы линейных алгебраических уравнений [2, 3].

Создание математической модели начинается с выбора ключевых характеристик исследуемого объекта. При необходимости анализа нескольких параметров допустимо построение отдельных моделей для каждой характеристики. Наиболее важным этапом является разработка геометрической составляющей модели, которая должна

максимально точно соответствовать физическому объекту, хотя и допускает определенные упрощения. Современные CAD-системы (Computer-Aided Design) стали стандартным инструментом для создания таких геометрических моделей. Для расчета математической модели была разработана модель с использованием CAD-системы, которая затем экспортировалась в CAE-программу (Computer-Aided Engineering) для конечно-элементного анализа. Результаты исследований показывают, что даже с учетом допустимых аппроксимаций модель сохраняет адекватность и пригодна для анализа в рамках стандартов CALS (Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support), регулирующих информационную поддержку всего жизненного цикла изделия. Это подтверждает эффективность комплексного подхода CAD-CAE для инженерных расчетов и проектирования [4].

Также при разработке математических моделей нужно учитывать важный баланс между точностью и сложностью. Чрезмерно детализированные модели, хотя и учитывают больше факторов, могут стать непрактичными для численных расчетов из-за высокого порядка систем уравнений, особенно при использовании метода конечных элементов (МКЭ). Конечная цель на этапе создания КЭ модели – это необходимость достичь оптимальной детализации модели, позволяющей анализировать ключевые параметры движения (ускорение, скорость, перемещение) без избыточной вычислительной нагрузки. На рисунке 1 показан успешный запуск расчетов для такой сбалансированной модели, подтверждающий, что правильно сформулированные требования к детализации обеспечивают точность результатов без неоправданного усложнения вычислений.

```

D:\LS-DYNA\program\ls-dyna_smp_d_R11_1_0_winx64_ifort160.exe
The LS-DYNA time step size should not exceed 7.574E-07
to avoid contact instabilities. If the step size is
bigger then scale the penalty of the offending surface.

Memory required to begin solution : 3996K
Additional dynamically allocated memory: 20M
Total: 24M

initialization completed

calculation with mass scaling for minimum dt
added mass = 1.1370E-02
physical mass = 1.9907E+00
ratio = 5.7118E-03
1 t 0.0000E+00 dt 0.00E-07 flush i/o buffers 05/24/21 17:42:16
1 t 0.0000E+00 dt 0.00E-07 write d3plot file 05/24/21 17:42:16
cpu time per zone cycle..... 8 nanoseconds
average cpu time per zone cycle... 1459 nanoseconds
average clock time per zone cycle.. 488 nanoseconds

estimated total cpu time = 2730006 sec ( 758 hrs 20 mins)
estimated cpu time to complete = 2730001 sec ( 758 hrs 20 mins)
estimated total clock time = 914555 sec ( 254 hrs 2 mins)
estimated clock time to complete = 914550 sec ( 254 hrs 2 mins)

added mass = 1.1370E-02
percentage increase = 5.7118E-01
termination time = 3.0000E+01

```

Рисунок 1 – Окно расчета КЭ модели

Метод конечных элементов основан на разбиении непрерывной области на отдельные непересекающиеся элементы (конечные элементы), соединенные в узловых точках. Каждый элемент аппроксимируется интерполяционным полиномом, который описывает поведение искомой функции внутри элемента через значения в его узлах. Применим МКЭ для анализа распределения тепла в сложной геометрической структуре: исходная область разделяется на сетку конечных элементов, а температурное поле аппроксимировано полиномиальными функциями.

При численном моделировании контактных взаимодействий в механических системах особое внимание уделяется выбору метода удовлетворения контактных граничных условий, где метод штрафных функций демонстрирует существенные преимущества перед методом множителей Лагранжа, поскольку не увеличивает размерность системы уравнений, а лишь добавляет специальные слагаемые в матрицу жесткости, что особенно важно при моделировании сложных систем типа подвески транспортного средства. Такой способ моделирования применяется для моделирования взаимодействия между эластичными покрывками (master-поверхности) и

контактирующими платформами (slave-поверхности) с созданием отдельных контактных пар для левого и правого колес, что позволило адекватно описать контактное взаимодействие без возникновения численных артефактов типа эффекта «песочных часов».

Использование функции *CONTACT_AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE (рисунок 2) обеспечило устойчивость расчетов и разумный баланс между точностью результатов и вычислительными затратами, подтвердив эффективность данного подхода для решения широкого класса контактных задач в инженерной практике, особенно при моделировании нелинейных механических систем с комплексными взаимодействиями.

Рисунок 2 – Задание контактного взаимодействия

Следующим важным шагом является выбор и указание правильного шага по времени (timestep), формирующего временной интервал расчета (рисунок 3).

Рисунок 3 – Задание шага по времени

Корректность выбора временного шага в численных расчетах напрямую зависит от соблюдения критерия Куранта, который устанавливает необходимое условие устойчивости при решении дифференциальных уравнений в частных производных. Согласно этому критерию, временной шаг должен быть меньше критического значения, определяемого характеристиками исследуемой системы.

$$\Delta t \leq \frac{l}{V_{3B}}; \quad (1)$$

$$V_{3B} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (2)$$

где Δt – шаг по времени; l – характерный размер элемента, мм; V_{3B} – скорость звука в материале м/с; E – модуль упругости первого рода (модуль Юнга); ρ – плотность материала кг/м³. Пример определения характерного размера элемента l колесного диска приводится на рисунке 4. При нарушении критерия Куранта программа автоматически корректирует

массу расчетной модели для достижения устойчивости решения, однако такие изменения часто приводят к получению некорректных результатов. В данном расчете был выбран временной шаг $1 \cdot 10^{-6}$ с, что обеспечило соблюдение критерия Куранта без необходимости искусственного изменения параметров модели.

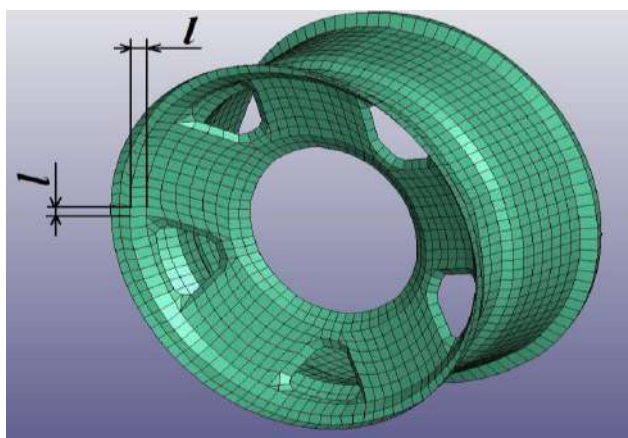


Рисунок 4 – Определение размера элемента

Проведенное в статье исследование подтвердило эффективность современных методов математического моделирования и конечно-элементного анализа для решения сложных инженерных задач. Использование комплексного подхода CAD-CAE в сочетании с методом штрафных функций для моделирования контактных взаимодействий продемонстрировало свою практическую ценность при анализе механических систем, обеспечивая достоверные результаты при соблюдении ключевых параметров расчета, таких как критерий Куранта. Разработанная методология, сочетающая фундаментальные принципы моделирования с прикладными аспектами инженерного анализа, позволяет оптимизировать процесс проектирования сложных технических систем, сохраняя баланс между точностью результатов и вычислительной эффективностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алямовский, А.А. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – М.: БХВ-Петербург, 2008. – 153 с.
2. Алямовский, А.А. CosmosWorks Инженерный анализ методом конечных элементов / Алямовский А.А. – М.: ДМК, 2004. – 83 с.
3. Алямовский, А.А. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А. – М.: БХВ-Петербург, 2012. – 800 с.
4. Лукинских, С. В. Проектирование изделий в SolidWorks : учебное пособие / С. В. Лукинских, С. С. Кугаевский. – Екатеринбург : УрФУ, 2011. – 157 с.

Игнатенко Николай Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1580792@bsuedu.ru

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Игрунова Светлана Васильевна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Д.П. КАМУШКИНА, К.Д. ПОДНЕБЕСНАЯ, О.М. ШЕМЕТОВА
D.P. KAMUSHKINA, K.D. PODNEBESNAYA, O.M. SHEMETOVA

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В КОМПАС 3D ПРИ ПОМОЩИ API

AUTOMATION OF DESIGN IN KOMPAS 3D USING API

Статья посвящена автоматизации проектирования деталей в КОМПАС-3D с помощью API, на примере создания болта. В ней рассматриваются основные шаги, необходимые для успешного моделирования: подключение к API, создание нового документа, определение параметров болта, моделирование его 3D-геометрии, применение резьбы и сохранение документа. Здесь описывается использование языка программирования C#, для работы с API, а также приводятся примеры кода для каждой из этапов. Статья будет полезна специалистам и инженерам, стремящимся оптимизировать процесс проектирования и интегрировать его в более сложные CAD-системы, а также всем, кто интересуется возможностями автоматизации в КОМПАС-3D.

Ключевые слова: КОМПАС-3D, API, автоматизация проектирования, моделирование, 3D-геометрия, болт, язык программирования, C#.

The article focuses on automating part design in KOMPAS-3D using the API, using a bolt as an example. It covers the key steps required for successful modeling: connecting to the API, creating a new document, defining bolt parameters (diameter, length, thread), modeling 3D geometry, applying threads, and saving the document. The article discusses the use of programming languages such as Pascal and C# for working with the API and provides code examples for each stage. It will be useful for specialists and engineers looking to optimize the design process and integrate it into more complex CAD systems, as well as anyone interested in automation capabilities in KOMPAS-3D.

Keywords: KOMPAS-3D, API, design automation, modeling, 3D geometry, bolt, programming language, Pascal, C#.

Система автоматизированного проектирования (САПР) – это важная часть промышленного конструирования. САПР широко используется во многих отраслях, например, в автомобильной и самолетной промышленности, промышленном и архитектурном проектировании, проектировании судов и кораблей. САПР также широко используется в создании компьютерной анимации для спецэффектов в фильмах, рекламах, постерах и мультфильмах. С помощью моделирования создаются реквизиты для театральных постановок. САПР сильно важен для экономического состояния страны. Благодаря использованию моделирования люди перестали тратить много времени на ручное моделирование, что значительно повышает доход производства [1].

Использование API КОМПАС-3D для автоматизации проектирования стало ключевым элементом в современных инженерных практиках. Этот инструмент значительно ускоряет создание чертежей, трехмерных моделей и технической документации, одновременно уменьшая количество возможных ошибок и увеличивая общую продуктивность работы. Особенно важным является применение API КОМПАС-3D в условиях постоянно возрастающих требований к скорости и качеству выполнения сложных конструкторских задач [2]. В рамках статьи будет рассмотрено, каким образом автоматизация с использованием API КОМПАС-3D трансформирует традиционные методы проектирования, какие выгоды она несет и как наиболее эффективно интегрировать данные технологии в производственный цикл.

API (Application Programming Interface) КОМПАС-3D представляет собой мощный инструмент, позволяющий разработчикам и инженерам взаимодействовать с функциями и возможностями системы автоматизированного проектирования. API предоставляет программный доступ к функциям CAD, что позволяет пользователям автоматизировать

различные процессы, создавать собственные приложения и расширять функционал системы в соответствии с конкретными потребностями. Он включает в себя множество функций, среди которых можно выделить:

- создание и редактирование 3D-моделей: позволяет создавать детали, выполнять операции над ними, такие как выталкивание, выдавливание, резка и объединение;
- параметрическое моделирование: дает возможность управлять геометрией моделей с помощью параметров, что упрощает внесение изменений и обновление конструкций;
- автоматизация рутинных задач: с API можно автоматизировать процессы, которые обычно требуют много времени, такие как создание документации или изменение свойств деталей;
- интеграция с другими приложениями: API может быть использован для взаимодействия с другими инженерными программами и базами данных, что обеспечивает более слаженное рабочее окружение [3].

Для работы с API КОМПАС-3D чаще всего используются языки Pascal и C#. Оба языка предлагают широкий набор инструментов для создания скриптов и приложений [4, 5]. Рассмотрим автоматизацию проектирования с использованием API КОМПАС-3D на примере проектировании болтов. У нас появляется возможность заранее задавать параметры, такие как диаметр, резьба и длина, что позволит быстро сгенерировать необходимые детали без необходимости ручного ввода данных.

Первое что нам нужно сделать, это подключить КОМПАС-3D к API, а для написания кода понадобится установленный на компьютере Visual Studio. Для C# (Visual Studio) алгоритм подключения такой:

1. Откроем Visual Studio.
2. Создадим новый проект (например, консольное или WPF приложение).
3. Установим .NET Framework, если это необходимо.
4. Нажмем правой кнопкой мыши на проект в «Обозревателе решений» и выберете «Добавить» – «Ссылка...».
5. Перейдем на вкладку «COM» и найдите «КОМПАС-3D API» в списке доступных объектов. Он может называться «KOMPAS.Application».
6. Добавим его и нажмем «ОК».

На рисунках 1 и 2 продемонстрирован пример кода, который показывает, как подключиться к API КОМПАС-3D и выполнить некоторые базовые операции.

Далее поясним приведенный листинг. При проектировании фигуры, первоначально вызываем метод `GetSketch()` для объекта `part`. Этот метод возвращает объект эскиза, который представляет собой двумерное пространство, где мы можем рисовать фигуры и который является важной частью 3D-моделирования.

Созданный эскиз будет использован для создания 3D-объектов. Метод `Circle` применялся для прорисовки окружности в эскизе, где его параметрами расположения и радиуса являлись: это координаты центра круга в двумерной плоскости (0, 0) и `diameter / 2`, который равен половине диаметра болта. Таким образом, эта строка кода рисует круг, который послужил основанием для болта.

Метод `Extrude` использовался для создания трехмерного объекта из 2D-эскиза. В данном случае, мы экструзировали уже нарисованную окружность, который был создан на предыдущем этапе. Поясним, что экструзия – это процесс, при котором 2D-изображение «выдвигается» в третье измерение, создавая объемный объект. В нашем контексте, это половина диаметра, что соответствует радиусу основания болта. Это важно, потому что экструзия основана на форме, которую вы хотите создать в 3D, а радиус указывает, насколько «широким» будет это основание. При указании в листинге программы `Height` мы определяем значение насколько «высоким» будет получившийся 3D-объект. Использование функции `part.AddThread(...)` необходимо для создания резьбы, где мы задаем ее параметры, такие как положение, высота, диаметр и шаг.


```

using System;
using KOMPASLib;

namespace KompasExample
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            // Создаем объект КОМПАС
            var kompas = new KKompasApplication();

            // Запускаем КОМПАС-3D
            kompas.Initialize();

            // Убедимся, что КОМПАС запущен
            if (kompas.IsOpen())
            {
                Console.WriteLine("КОМПАС-3D запущен!");

                // Создаем новый документ
                var document = kompas.getActiveDocument();
                var part = document.NewPart();

                // Устанавливаем параметры болта
                double diameter = 10.0; // Диаметр
                double height = 5.0;    // Высота
                double threadHeight = 20.0; // Высота резьбы
                double threadDiameter = 5; // Диаметр резьбы
                double threadPitch = 1.5; // Шаг резьбы

                // Создаем цилиндрический корпус болта
                var sketch = part.GetSketch();
                sketch.Circle(0, 0, diameter / 2); // Рисуем круг для основания

                // Экструдировать основание болта
                part.Extrude(diameter / 2, height);

                // Создаем резьбу
                var threadSketch = part.GetSketch();
                threadSketch.Circle(0, 0, threadDiameter / 2); // Рисуем круг для резьбы
                part.Extrude(threadDiameter / 2, threadHeight); // Экструдировать резьбу
            }
        }
    }
}

```

Рисунок 1 – Листинг кода для подключения к API Компас-3D

```

            // Сохранить документ
            var fileName = "Bolt.c3d";
            document.SaveAs(fileName);
            Console.WriteLine($"Документ сохранен как {fileName}");

            // Закрываем документ
            part.Close();
        }
        else
        {
            Console.WriteLine("Не удалось запустить КОМПАС-3D.");
        }

        // Высвобождаем ресурсы
        kompas = null;
    }
}

```

Рисунок 2 – Продолжение листинга кода

После всех пройденных этапов, итогом работы кода является готовая модель болта (рисунок 3), которая может быть использована в различных инженерных и проектных приложениях.

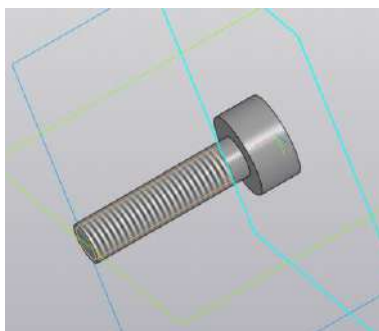


Рисунок 3 – Создание болта с помощью API

Рассмотренный пример применения API КОМПАС-3D для автоматизации проектирования позволяет сделать выводы о том, что такой инструмент значительно ускоряет создание чертежей, трехмерных моделей и технической документации, при этом удастся значительно уменьшить или даже исключить ошибки, зависящие от исполнителя и увеличить общую продуктивность работы производственного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная и компьютерная графика : учебник и практикум для вузов / под общей редакцией Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 226 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-16486-2. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].

2. Принципы программирования для КОМПАС // Файловый архив студентов [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/1389103/> (дата последнего обращения: 02.07.2019).

3. Донченко М.В., Рябенский Л.М. Особенности использования программных средств для модификации AutoCAD // Pandia.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/79/550/30150.php> (дата последнего обращения: 02.07.2019).

4. Николенко Т.А., Кузнецова П.А., Коломиец Д.В. Сравнительные характеристики САПР AUTOCAD и КОМПАС 3D при трехмерном моделировании // Проблемы формирования единого пространства экономического и социального развития стран СНГ (СНГ-2019): материалы Международной научно-практической конференции (Тюмень, 19 апреля 2019 г.), Тюмень: Издательство Тюменского индустриального университета, 2019. С. 125–131.

5. Системы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектировани_я (дата обращения - 11.10.2019).

Камушкина Дарья Павловна

Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж, Россия)
Бакалавр кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования
E-mail: dasha.kamushkina@mail.ru

Поднебесная Кристина Дмитриевна

Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж, Россия)
Бакалавр кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования
E-mail: purplewomanx@gmail.com

Шеметова Ольга Михайловна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Ассистент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: shemetova_o@bsuedu.ru

УДК 631.3.01:004.032.26:504.054

*Научный руководитель:
Мигаль Лариса Владимировна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

А.В. КЛЮЧКИН, В.А. ДУНАЕВА, В.И. БЫВШОВ
A.V. KLYUCHKIN, V.A. DUNAEVA, V.I. BYVSHOV

ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АГРОНОМИЮ: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОСЕВА С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

INTEGRATION OF NEURAL NETWORKS INTO AGRONOMY: FORECASTING OF SEEDING PARAMETERS BASED ON GREENHOUSE GAS DYNAMICS

В данной представлена разработка информационной системы на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) для оптимизации параметров посева сельскохозяйственных культур с учётом динамики парниковых газов (ПГ). Исследование направлено на повышение устойчивости агросистем к климатическим изменениям, вызванным ростом концентрации CO_2 , CH_4 и N_2O , которые влияют на микроклимат, фотосинтез и урожайность.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, парниковые газы, машинное обучение, сельское хозяйство, экологический мониторинг.

This article presents the development of an information system based on artificial neural networks (ANN) to optimize the parameters of agricultural crops, taking into account the dynamics of greenhouse gases (GHGs). The research aims to increase the resilience of agricultural systems to climate changes caused by increased concentrations of CO_2 , CH_4 and N_2O , which affect the microclimate, photosynthesis and yield.

Key words: artificial neural networks, greenhouse gases, machine learning, agriculture, environmental monitoring.

Современное сельское хозяйство сталкивается с беспрецедентными вызовами, связанными с изменением климата и ростом концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере. Углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O) оказывают прямое влияние на микроклимат, фотосинтез и продуктивность культур, что требует адаптации агротехнических решений [1]. В данной работе представлена разработка информационной системы, основанной на искусственных нейронных сетях (ИНС), для оптимизации параметров посева сельскохозяйственных культур с учетом динамики ПГ.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения устойчивости агросистем к климатическим изменениям. Парниковые газы, помимо глобального потепления, изменяют локальные условия: повышают температуру почвы, влияют на влагоудержание и доступность питательных веществ [2]. Традиционные методы определения сроков посева, глубины заделки семян и выбора сортов зачастую не учитывают эти факторы, что снижает точность прогнозов. Интеграция машинного обучения позволяет анализировать комплексные взаимосвязи между климатическими, почвенными и газовыми параметрами, обеспечивая адаптивное управление посевами [3].

В рамках исследования проведен анализ существующих систем поддержки принятия решений, таких как CropSyst, AgroExpert и FarmWise [4]. Несмотря на их функциональность, выявлены ограничения: зависимость от больших объемов входных данных, отсутствие учета динамики ПГ и низкая адаптивность к региональным условиям. Разработанная система устраняет эти недостатки за счет использования ИНС, обученной на данных, включающих температуру, влажность, pH почвы, осадки и концентрацию CO_2 .

Архитектура нейронной сети включает четыре полносвязных слоя с функциями активации ReLU и Softmax на выходе. Модель обучалась на наборе данных, содержащем исторические параметры посевов и соответствующие урожаи. Схема архитектуры нейронной сети представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема архитектуры нейронной сети

Три скрытых слоя обеспечивают баланс между способностью модели к обучению сложным зависимостям и риском переобучения. Для предотвращения переобучения применена ранняя остановка (EarlyStopping), а нормализация данных стандартизатором (StandardScaler) обеспечила устойчивость к шумам. Валидация показала точность 92% на тестовой выборке, что подтверждает высокую прогностическую способность модели [3].

Ключевым преимуществом системы является ее способность учитывать влияние ПГ на агрономические условия. Например, при повышении CO₂ до 450 ppm модель рекомендует культуры с повышенной фотосинтетической активностью (кукуруза, пшеница), адаптированные к интенсивному поглощению углекислого газа [5]. Кроме того, система предоставляет фермерам интерактивный интерфейс для ввода текущих параметров поля и получения рекомендаций в режиме реального времени. На рисунке 2 продемонстрирован ввод параметров в систему, а общий интерфейс пользователя представлен на рисунке 3.

Введите параметры поля:
 Температура (°C, 15-35): 20
 Влажность (% , 35-85): 40
 pH почвы (5.5-7.8): 6
 Осадки (мм, 60-200): 150
 Уровень CO₂ (ppm, 350-450): 350

Рисунок 2 – Ввод архитектуры нейронной сети

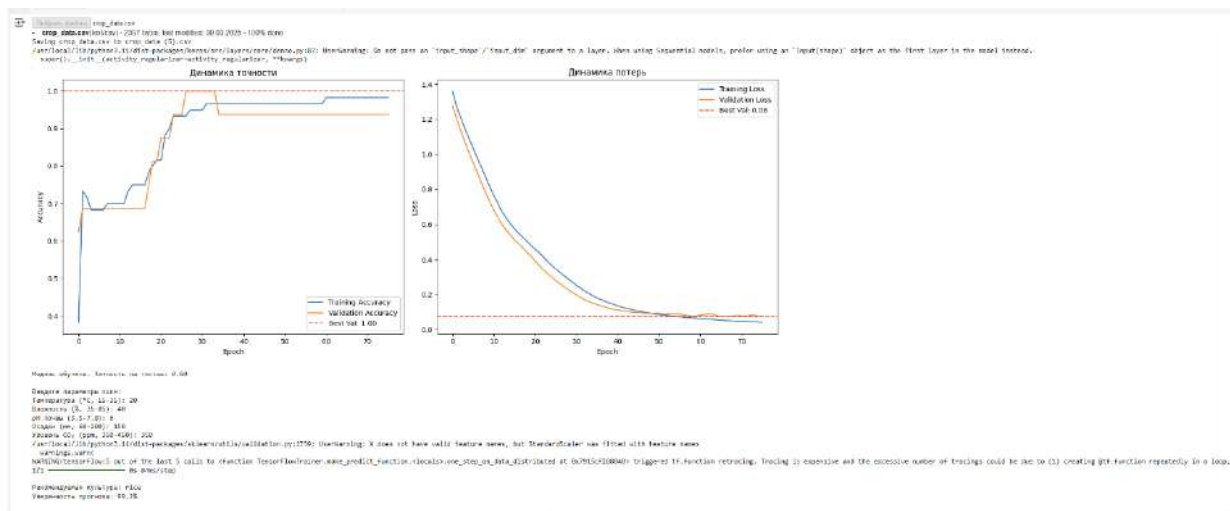


Рисунок 3 – Интерфейс пользователя

Разработанная система демонстрирует высокую эффективность в прогнозировании параметров посева, сочетая методы машинного обучения с экологическим мониторингом. Учёт динамики парниковых газов не только повышает точность рекомендаций, но и способствует устойчивому развитию сельского хозяйства. Результаты исследования открывают новые возможности для интеграции инструментов искусственного интеллекта в агрономию, что особенно актуально в условиях глобальных климатических изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокорин, А. О. Тенденции развития климатической политики в мире и в России / А. О. Кокорин, В. Ю. Поташников // М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2020. – 88 с.
2. Афанасьева, Н. Б. Экология растений: учебник для вузов / Н.Б. Афанасьева, Н.А. Березина // 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 679 с. – ISBN 978-5-534-19031-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/555801> (дата обращения: 10.11.2024).
3. Liakos, K. G. Machine Learning in Agriculture: A Review. Sensors / K. G. Liakos, [и др.] // 18(8), 2674, 2018. <https://doi.org/10.3390/s18082674> 2018
4. Ключкин, А.В. Анализ систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве / А. В. Ключкин, [и др.] // Наука и образование: отечественный и зарубежный опыт: сборник трудов 72-ой международной научно-практической конференции, Белгород, 23 декабря 2024 года. – Белгород: ООО ГиК, 2024. – С. 20-25. – EDN LXPUQI.
5. Klompenburg, T. Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review / T. Klompenburg, [и др.] // Computers and Electronics in Agriculture, 177, 105709. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105709>

Ключкин Алексей Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: klyuchkin@bsuedu.ru

Дунаева Виктория Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: dunaeva@bsuedu.ru

Бывшов Владимир Игоревич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: byvshov@bsuedu.ru

УДК 004.415.2

*Научный руководитель:
Пузырев Никита Сергеевич,
ассистент кафедры информационных и
робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

А.Л. КОВАЛЕВ
A.L. KOVALEV

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КОГНИТИВНЫХ И СЕНСОМОТОРНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

DESIGN OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE ASSESSMENT OF HUMAN COGNITIVE AND SENSORIMOTOR ABILITIES

В данной работе были рассмотрены алгоритмы тестирования сенсомоторных и когнитивных способностей человека, были определены недостатки рассмотренных методов и предложены варианты их устранения. Для этого были созданы диаграммы активности и вариантов использования, реализующие логику тестирования рассмотренных улучшенных методов в информационной системе.

Ключевые слова: когнитивные способности, сенсомоторные способности, тест Тулуз-Пьерона, диаграмма активности, диаграмма Use Case, тестирование.

In this work, the algorithms for testing human sensorimotor and cognitive abilities were examined; the shortcomings of the reviewed methods were identified, and solutions to address them were proposed. To this end, activity diagrams and use case diagrams were created to implement the testing logic of the improved methods within the information system.

Keywords: cognitive abilities, sensorimotor abilities, Toulouse-Pieron test, activity diagram, use case diagram, testing.

Сенсомоторные навыки представляют собой связь органов чувств и мышц всего тела. Они обеспечивают формирование слаженной картины всех сенсорных сигналов (например, зрение, слух, осязание) и последующий моторный ответ в зависимости от полученной извне информации. Отдёргивание пальца от горячего предмета, попытка поймать летящий мяч, начало движения при зелёном сигнале светофора – это всё проявление сенсомоторной деятельности. Когнитивные способности решают ментальные задачи – обработка информации, мышление, память. Другими словами, это – навыки мозга, которые осознанно обрабатывают непосредственную информацию, которая приходит от органов чувств. Понимание и использование речи, хранение информации, фокусировка на задаче, планирование – за всё это отвечают когнитивные способности.

Существует множество научных статей, которые затрагивают эти навыки. За счёт того, что это основополагающие механизмы, исследователи, при их изучении, понимают базовые механизмы работы как мозга, так и всего организма в целом. Например, изучение сенсомоторной сферы позволяет понять, каким образом идёт обработка внешних сигналов, от чего зависит их интенсивность, что в свою очередь позволяет диагностировать различные нарушения в организме или улучшить некоторые прикладные способности, которые, например, будут весьма полезны в спорте. Когнитивная же сфера позволяет изучить то, каким именно образом работает человеческий мозг. Тут находятся ответы на многие вопросы, которые касаются, например, потенциала памяти, способности к обучению, или же поведения человека в стрессовых ситуациях.

Помимо этого, понимание когнитивных механизмов работы позволяет моделировать алгоритмы, которые похожи на процессы, протекающие в головном мозге, что приводит к созданию искусственного интеллекта.

Убедившись в том, что эти способности играют довольно важную роль в жизни человека, необходимо разработать методы их тестирования, которые позволили бы измерить их в различных параметрах.

Существует несколько таких методик. Первая из них – диагностическая процедура, представляющая собой ряд однотипных задач. Задача же заключается в необходимости нажать на появляющуюся окружность как можно быстрее или как можно точнее – условие зависит от выбранной серии задачи. В одной серии выполняется 128 таких задач – такое количество обусловлено стремлением получить как можно больше повторений, и как следствие – как можно больше информации по испытуемому. Также такое количество задач не позволяет испытуемым утомиться, что исключает снижение качества результатов по причине выполнения монотонного задания [1].

Однако, данный метод не идеален по причине отсутствия гибкости в настройках тестирования. Например, нельзя изменить радиус появляющихся окружностей, нельзя ограничить их число. Помимо этого, конец теста ограничен только количеством сигналов, на которые среагировал испытуемый.

Также этот метод потенциально можно преобразовать в РДО (Реакция на Движущийся Объект) – тип тестирования, при котором реактивный сигнал находится в движении, испытуемому необходимо не только среагировать на его появление, но и моторно отреагировать так, чтобы достичь его.

Второй метод – простое тестирование кратковременной памяти. Он представляет собой десятиуровневый тест, содержащий различные логически не связанные образы, которые необходимо запомнить [2]. Данная методология имеет прогрессию в сложности, что не является универсальной практикой. Наиболее подходящей будет реализация всего теста на одном уровне сложности, которое можно менять для всего теста, а не отдельных его частей. Данная проблема решается при реализации теста Тулуз-Пьерона.

Тестирование по этой методологии реализуется через использование специальных прямоугольных карточек, где нарисована часть круга в 8-ми положениях. Задача испытуемого – запомнить некоторое количество таких карточек, и после выбрать их копии из списка таких карточек. При этом карточки-примеры не исчезают [3].

Последний из рассматриваемых методов позволяет протестировать простую и сложную сенсомоторную реакцию. В этих тестах время простой реакции фиксировалось в период после появления на экране визуального стимула и до нажатия испытуемым клавиши, а время сложной – в таком же периоде, но визуальных сигналов было несколько, и каждый требовал определённую нажатую клавишу [4]. Однако тестирование сложной сенсомоторной реакции ограничивается всего двумя стимулами, она не позволит усложнить тест, если это необходимо исследователям. Также отсутствует гибкость в настройке задержки появления сигнала.

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования, которая описывает то, как пользователь взаимодействует с системой, а именно какие действия он может в ней совершать.

В разработанной системе представлено 4 теста, которые может пройти пользователь: простая реакция, сложная реакция выбора, тест Тулуз-Пьерона, тестирование сенсомоторной реакции. Для тестирования простой реакции пользователь сможет изменить цвет сигнала и его интервал появления, в то время как при тестировании сложной реакции выбора, помимо выбора промежутка появления сигнала, можно настроить время задержки сигнала, их число и задать клавишу реагирования для каждого сигнала.

Для тестирования сенсомоторной реакции можно настроить множество параметров, в число которых входит задание радиуса кружка, их движения и условия для конца теста. Для теста Тулуз-Пьерона есть возможность изменить общее количество карточек, а также количество карточек-образцов для выбора.

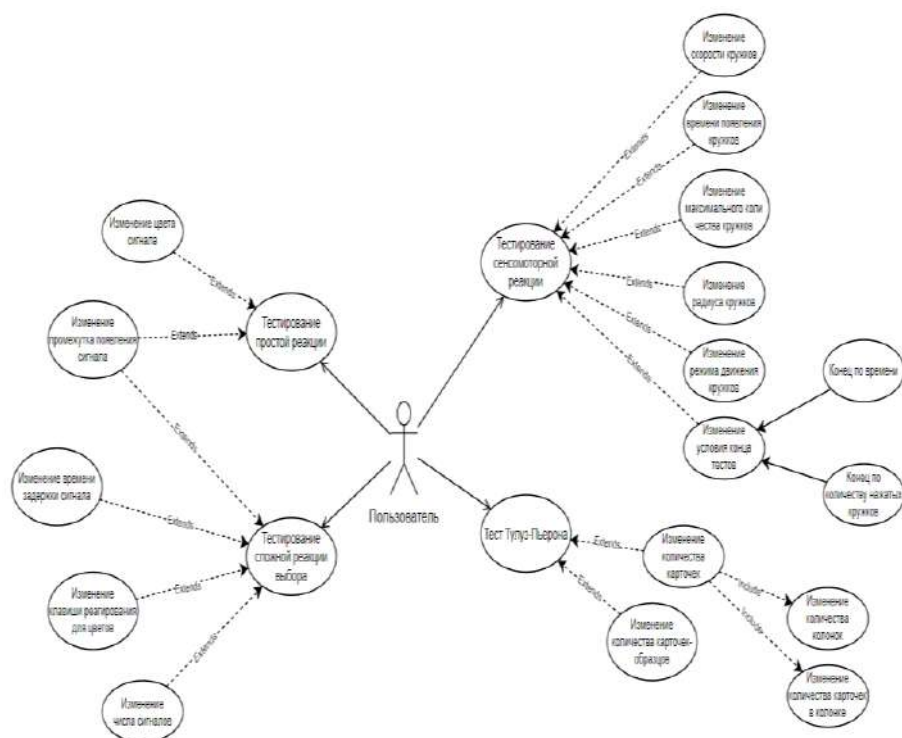


Рисунок 1 – UML диаграмма вариантов использования при работе с системой

Смоделируем алгоритм прохождения одного из тестов. Для этого будем использовать диаграмму активности (деятельности) – диаграмма, отражающая динамику поведения системы и её логику. Рассмотрим тестирование Тулуз-Пьерона.

Проверяется условие – нажаты ли все требуемые карточки:

а. если нажаты не все карточки, то ожидается, когда пользователь нажмёт на одну из карточек, после определяется, нажата ли требуемая карточка и возвращаемся обратно к условию;

б. если все требуемые карточки нажаты, то секундомер останавливается и выводится результат – сколько правильных и неправильных карточек было выбрано.

Диаграмма активности показана на рисунке 2. После указания условий теста, начинается отсчёт секундомера и реализация логики теста:

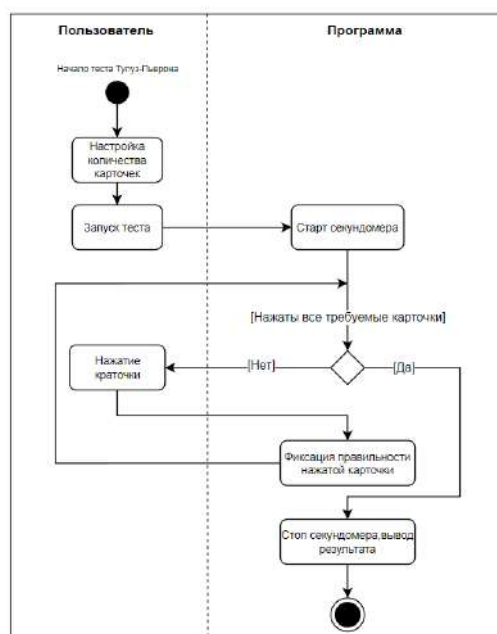


Рисунок 2 – Диаграмма активности для теста Тулуз-Пьерона

Реализованная система предлагает набор алгоритмов и тестов, которые позволят комплексно оценить сенсорно-моторные и когнитивные способности человека. На рисунке 3-6 продемонстрирована работа системы.

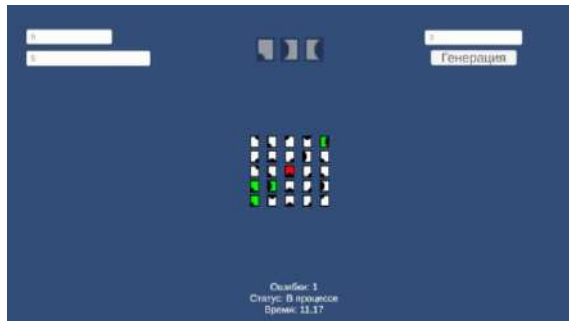


Рисунок 3 – Тест Тулуз-Пьерона

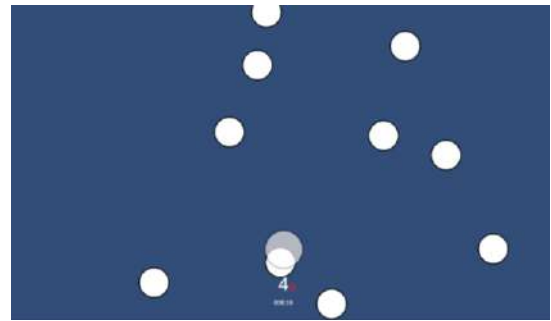


Рисунок 4 – Тестирование сенсорно-моторной реакции

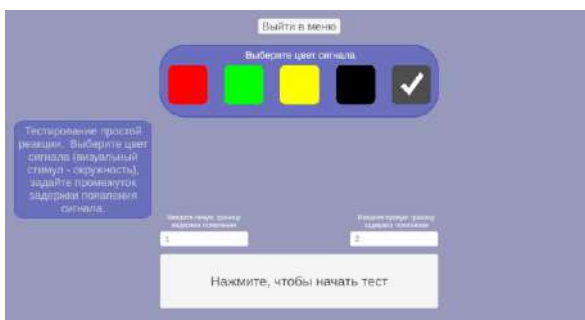


Рисунок 5 – Тестирование простой реакции



Рисунок 6 – Тестирование сложной реакции выбора

В итоге можно сказать, что сенсомоторные и когнитивные способности являются важнейшими элементами в деятельности человека, определяя его реакцию на внешние стимулы и способность обрабатывать информацию. Различные методики тестирования, реализованные в описанной системе, позволяют дать объективную оценку способностей испытуемого, данные алгоритмы могут найти применение в различных сферах – от медицины до спорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баланев Д. Ю., Шамаков В. А. Диагностические маркеры двигательной активности человека в электронной образовательной среде //Вестник Томского государственного университета. – 2022. – №. 485. – С. 138-144.
2. Коурова С. И., Хохлова Е. Н. Исследование кратковременной памяти у студентов с интровертной и экстравертной направленностью личности //Вестник Шадринского государственного педагогического университета. – 2018. – №. 4 (40). – С. 44-48.
3. Гилев Г. А. и др. Повышение устойчивости внимания при развитии двигательной подготовленности у детей с детским церебральным параличом //Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 18. – №. 1. – С. 44-49.
4. Немцев О. Б. и др. Влияние кофеина на время простой зрительно-моторной реакции и реакции выбора //Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. – 2017. – №. 12 (154). – С. 195-198.

Ковалев Андрей Леонтьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1559781@bsuedu.ru

УДК 004.052

*Научный руководитель:
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Р.В. КОЛОМОЕЦ
R.V. KOLOMOETS

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДСВЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООПЕРИРУЕМЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING INFORMATION WHEN IMPLEMENTING ILLUMINATION USING COOPERATIVE ELECTRONIC MEANS

В статье рассмотрены возможности получения радиолокационной информации с помощью станций, использующих в качестве подсвета кооперируемые источники и проведен анализ существующих разработок. Проведена оценка качества используемых радиолокационных станций в условиях всестороннего информационного воздействия.

Ключевые слова: информация, воздушный объект, подсвет, кооперируемый источник, обнаружение, связь, сигнал.

The article discusses the possibilities of obtaining radar information using stations using cooperative sources as illumination and analyzes existing developments. An assessment of the quality of the radar stations used in conditions of comprehensive information impact has been carried out.

Keywords: information, aerial object, illumination, cooperative source, detect

Средства радиолокационного обнаружения обладают низкой степенью заметности функционирования, поэтому задача их обнаружения для противника обладает значительным затруднением. Существенным недостатком таких систем выступает низкая вероятность обнаружения объектов, использующих режим радиомолчания, что компенсируется в радиолокационных системах с посторонним подсветом.

Развитие системы обнаружения и оповещения о воздушных объектах перспективно за счет объединения различных средств обнаружения, таких как активные радиолокационные станции (РЛС), системы и средства, способные принимать и анализировать сигналы от сторонних источников подсвета, в единую многопозиционную систему.

В настоящее время существуют многопозиционные РЛС наземного, воздушно-наземного, наземно-космического, воздушно-космического базирования с посторонним источником подсвета. В таких системах используются как кооперируемые, так и не кооперируемые источники подсвета [1].

В настоящее время ведутся интенсивные исследования по возможности создания пространственно-распределенных систем обнаружения, использующих для получения информации о воздушных объектах, излучение кооперируемых РЛС.

Примерами РЛС, работающих с кооперируемыми вещательными передатчиками, является радиолокационная система американского производства Silent Sentry, способная обнаруживать и измерять координаты воздушных объектов при их облучении частотно-модулированными и телевещательными передатчиками [2].

Более двадцати лет американская компания Lockheed Martin разрабатывает передовую трехмерную радиолокационную систему Silent Sentry. Эта система использует многопозиционный принцип для обнаружения и отслеживания воздушных объектов,

предлагая уникальные возможности скрытого наблюдения. Silent Sentry использует для обнаружения и подсветки объектов сигналы, излучаемые различными источниками, включая телевизионные и радиовещательные передатчики коротковолнового диапазона (с амплитудной и частотной модуляцией), а также другие радиотехнические средства, находящиеся в зоне действия системы, такие как радары управления воздушным движением, радиомаяки, навигационные системы и средства связи.

Помимо указанных методов, для обнаружения воздушных объектов могут применяться базовые станции сотовой связи, работающие в дециметровом диапазоне [3]. Европейские ученые активно разрабатывают пассивные радиолокационные системы, использующие этот принцип.

Преимущество таких систем – высокая степень защиты. Они не излучают сигналы, что делает их незаметными для противника, поскольку не выдают себя как радиолокационная станция.

Внедрение многопозиционных радиолокационных систем, подобных Silent Sentry, позволит вооруженным силам соседних стран значительно улучшить контроль воздушного пространства в потенциально опасных регионах.

Многопозиционные радиолокационные системы имели свое отражение и в разработках 90-х годов, которые позволяли использовать излучение сторонних средств [4]. На сегодняшний день многие страны проводят исследования теоретического и экспериментального характера с целью внедрения таких систем в производство.

С точки зрения энергетических и спектрально-временных характеристик большой интерес для средств обнаружения, использующих для получения информации о воздушных объектах излучение посторонних радиоэлектронных средств, могли бы представлять радиоизлучения, которые создаются околоземными исследовательскими спутниками, обладающие большим периодом обращения и не способные обеспечить непрерывный подсвет объектов [5].

Достаточно высокие вероятностные характеристики обнаружения позволяют использовать зондирующие сигналы базовых станций (БС) мобильной связи в качестве источников подсвета воздушных объектов. Расчеты, проведенные специалистами научных предприятий, определили, что при разнорасстоянии между базовыми станциями расстояния до 30 км и мощностью излучения от 35 Вт область подсвета позволяет обнаружить низколетящие объекты с эффективной площадью рассеивания до 1 квадратного метра в зоне просвета с вероятностью обнаружения 0,65 и вероятностью ложной тревоги 0,0001.

Средства обнаружения, использующие для получения информации о воздушных объектах излучение базовых станций мобильной связи, позволят построить систему в несколько уровней обнаружения на глубину 50-100 км.

При использовании средств обнаружения, которые получают информацию о воздушных объектах с помощью излучения кооперируемых источников, важным аспектом является выбор источника подсвета. Этот выбор влияет на размеры зоны обнаружения, разрешающую способность и ряд других параметров.

Сигналы цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T и цифрового радиовещания стандарта DAB наилучшим образом удовлетворяют критериям, предъявляемым к выбору постороннего РЭС для использования его в качестве кооперируемого источника подсвета [6]. Система обнаружения, использующая в качестве источника подсвета телевизионный сигнал цифрового формата, способна очень точно определять задержку, время и частоту сигнала. Система имеет низкий уровень побочных сигналов (боковых лепестков), а также обеспечивает наилучшие условия для обнаружения и определения местоположения объектов.

Одним из проблемных вопросов использования, кооперируемых радиоэлектронных средств в качестве источника подсвета является мешающее воздействие прямого сигнала. По различным оценкам уровень прямого сигнала составляет величину от 60 до 90 дБ [7].

В связи с тем, что данные источники подсвета излучают непрерывный зондирующий сигнал, отраженный от объекта сигнал не выделяется на фоне мощного проникающего прямого сигнала, что требует принятия дополнительных мер [8]: блокировка или ослабление прямого сигнала с помощью специальных материалов или конструкций, которые поглощают или отражают электромагнитные волны; отфильтровывание прямого сигнала на основе его поляризации; использование нескольких антенн или датчиков для выявления и подавления прямого сигнала, основываясь на его пространственных характеристиках; повышение чувствительности антенн, чтобы они могли лучше захватывать слабые сигналы. анализ изменений частоты сигнала, образованных движением источника или приемника (эффект Доплера), для получения информации о скорости или направлении движения; отфильтровывание прямого сигнала на основе его частотных характеристик (спектра) и времени прихода.

Существенным недостатком кооперируемых источников подсвета является то, что координаты источников подсвета заранее известны, ввиду чего они могут быть обнаружены другими государствами. К тому же в районах со слаборазвитой инфраструктурой телевидения, радиовещания использование данных средств в качестве источников подсвета не всегда возможно.

Таким образом, использовать кооперируемые радиоэлектронных средств в качестве источников подсвета в период насыщенного информационного воздействия не всегда целесообразно и требует дополнительного технического решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быховский М. А. Зарождение и развитие радиолокационной техники Быховский М. А. - М. Горячая линия-Телеком, 2018. - 194 с.
2. Перунов Ю.М. Зарубежные радиоэлектронные средства. Кн. 1: Радиолокационные системы / Ю.М. Перунов, В.В. Мацукевич, А.А. Васильев; под общ. ред. Ю.М. Перунова. – М.: Радиотехника, 2010. – 336 с.
3. Викулов О.В. Информационная безопасность многопозиционных радиолокационных систем наведения // Информационная безопасность - Актуальная проблема современности. – 215. – № 1. – С. 46–49.
4. Кузнецов М.В. Изучение эффективности коротковолновых радиолокационных станций в мониторинге состояния атмосферы // Аэрокосмическая радиотехнология. – 2023. – Т. 90. – № 6. – С. 78–87.
5. Назаров А.Г. Способы обработки и интерпретации данных излучения коротковолновых станций // Энергетика и связь. – 2020. – Т. 58. – № 3. – С. 99–105.
6. Лебедев К.Л. Технологии мониторинга верхних слоев атмосферы с использованием радиоволн // Научный вестник. – 2021. – Т. 17. – № 5. – С. 28–35.
7. Баранов Е.Л. Коротковолновые радиосигналы в современных системах мониторинга // Системы связи и навигации. – 2022. – № 4. – С. 18–24.
8. Смирнова Н.Д., Ковалев М.В. Моделирование распространения коротковолновых сигналов в условиях нестабильной атмосферы // Радиофизика. – 2019. – Т. 45. – № 8. – С. 62–71.

Коломоец Роман Валерьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: kr74v@yandex.ru

УДК 004.654

*Научный руководитель:
Маторин Сергей Игоревич,
профессор, профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ», Белгород*

А.И. КОЛЯДИН
A.I. KOLYADIN

ВОПРОСЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОННЫМ КОМПОНЕНТАМ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ

ISSUES OF PRESENTATION OF INFORMATION ON ELECTRONIC COMPONENTS IN THE RADIO-ELECTRONIC INDUSTRY

Обоснована необходимость формирования в радиоэлектронной отрасли единого представления совокупности всех данных и знаний по электронным компонентам отечественного производства. Описан концептуальный подход к формированию такого представления. Приведены и описаны UML диаграммы классов объектов предметной области и их связей. Сформулированы и обоснованы основные проблемы, стоящие на пути формирования единого представления информации по электронным компонентам.

Ключевые слова: электронная компонентная база, единое представление информации, информационная система, онтология, информационное обеспечение.

The necessity of forming a unified representation of the totality of all data and knowledge on electronic components of domestic production in the radioelectronic industry is substantiated. A conceptual approach to the formation of such a representation is described. UML diagrams of domain object classes and their relationships are presented and described. The main problems that stand in the way of forming a unified presentation of information on electronic components are formulated and substantiated.

Keywords: electronic component base, unified presentation of information, information system, ontology, information support.

Объем данных и знаний по электронной компонентной базе (ЭКБ) постоянно растет, как и количество информационных систем (ИС), содержащих и использующих эти данные и знания (базы данных, системы автоматизированного проектирования, базы знаний и пр.). При этом мы наблюдаем своеобразный парадокс: лавинообразный рост объемов информации по ЭКБ сопровождается информационным «голодом», связанным с трудностями поиска и выделения нужной информации.

Несмотря на наличие многочисленных информационных ресурсов по электронным компонентам российского производства, для получения необходимой информации разработчикам радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) приходится приобретать у правообладателей (производителей) технические условия (ТУ) на ЭКБ. Как правило, только при наличии ТУ, разработчик может принять обоснованное решение о возможности применения ЭКБ в РЭА.

В настоящее время ни одна из существующих ИС не может обеспечить разработчика РЭА достоверным и достаточным объемом данных по ЭКБ, как для принятия решения о возможности применения, так и непосредственно для проектирования РЭА. Практически не работает и такой прием, как объединение данных из нескольких ИС.

Очевидно, что такую ситуацию с информационным обеспечением по электронным компонентам отечественного производства в радиоэлектронной промышленности РФ (РЭП) нельзя назвать удовлетворительной. Одной из причин возникновения вышеперечисленных проблем является синонимичность наименований технических характеристик (ТХ) или параметров (величина, характеризующая свойства или режимы работы электронного компонента [1]).

Широко распространенная практика употребления разных лексических единиц для идентификации одного концепта предметной области (ПрО) в части наименований ТХ ЭКБ существенно осложняет объединение информации из разных ИС [2]. В частности, эта причина не позволила ФГБУ «ВНИИР» решить задачу объединения данных по ЭКБ из двух ИС:

– «БД ЭКБ», ИС существует уже более 5 лет и содержит многократно выверенные данные по номенклатуре ЭКБ, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники [3];

– «ЭКБ Маркет», ИС с изначально декларируемой функциональностью торгово-маркетинговой площадки по ЭКБ отечественного происхождения (данные в систему заносились при помощи организаций, ответственных за разработку и/или производство ЭКБ).

Объединение информации из многих источников означает, по сути, создание единого представления совокупности всех данных и знаний по рассматриваемым объектам, в рамках одной ПрО. Единое представление данных и знаний по ЭКБ также необходимо для формирования отраслевого объединенного информационного пространства (ОИП) [4]. Такого представления в настоящее время в РЭП пока не сформировано. Далее опишем основные подходы к исследуемой проблеме.

Концептуальный подход к составу и организации информации для отраслевой системы управления знаниями рассмотрен в [5, 6, 7]. Подход заключается в организации и описании знаний на основе онтологической модели их представления [8] с опорой на три базовых концепта (объекта) рассматриваемой ПрО: радиоэлектронные и информационные технологии (РЭИТ), РЭА и ЭКБ. На рисунке 1 представлен фрагмент структуры ПрО с основными отношениями между базовыми концептами.

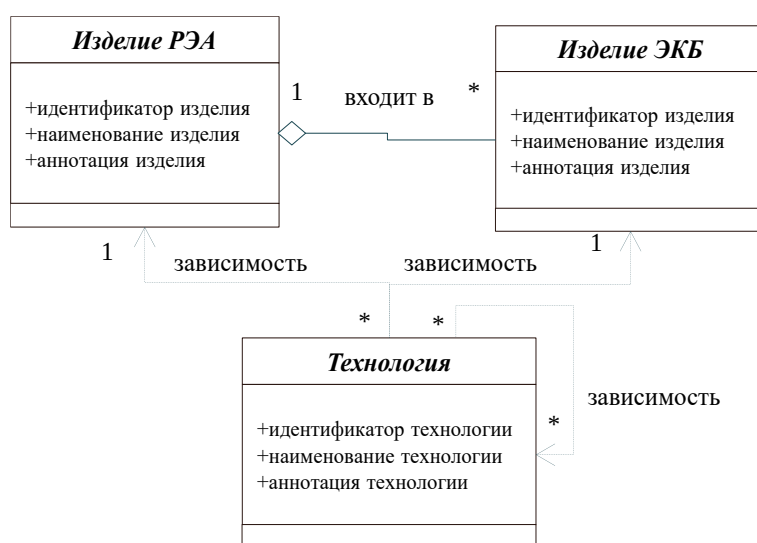


Рисунок 1 – Связь РЭА, ЭКБ и РЭИТ (UML диаграмма классов)

Данный подход соответствует весьма практичному правилу, что знания следует организовывать вокруг наиболее важных (основных) объектов ПрО [9].

На рисунке 2 показано место онтологий в процессе формирования цифрового ОИП РЭП. Штрихпунктирные линии границ прямоугольников 2-го и 3-го уровней демонстрируют, что единое отраслевое представление данных и знаний по ЭКБ только формируется. Именно поэтому задача объединения данных и знаний по ЭКБ из существующих на сегодня ИС (рисунок 2 уровень 4) практически не разрешима.

Напомним, что онтология по Груберу определяется как – «спецификация концептуализации» [10]. Для формирования спецификаций необходимо определить концепты (объекты) ПрО и их отношения. Для этого будем использовать UML (Unified Modeling Language) – унифицированный язык моделирования, принятый в качестве стандартного для объектно-ориентированного анализа и проектирования ИС [11].

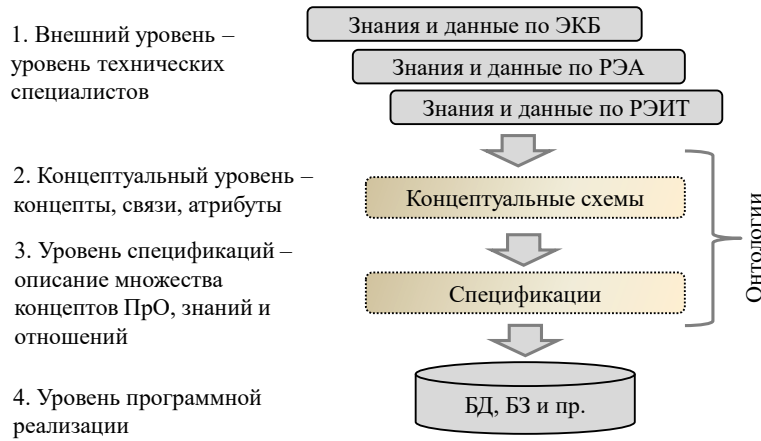


Рисунок 2 – Процесс формирования ОИП РЭП

Для применения онтологической модели представления данных и знаний по ЭКБ необходимо обозначить вспомогательные (не основные) объекты ПрО и их отношения. Ниже представлены UML диаграммы классов объектов ПрО ЭКБ и их отношений. Особенностью диаграммы классов ПрО ЭКБ является наличие классов (рисунок 3): Тип ЭКБ и Типономинал ЭКБ. Класс Тип ЭКБ (рисунок 4) по существу является подгруппой классификатора ЭКБ. Класс Типономинал ЭКБ (рисунок 5) это класс экземпляра изделия ЭКБ, который входит в подгруппу Тип ЭКБ. Как правило, все экземпляры подгруппы Тип ЭКБ, отличаются друг от друга значением какой-то одной ТХ (номинала). Из-за разных величин значений этой характеристики у каждого экземпляра изделия класса – Типономинал ЭКБ, как правило, имеется своя индивидуальная поведенческая модель, но у всех экземпляров, входящих в множество – Тип ЭКБ одна геометрическая модель. Например, условное множество Тип резистора, включает в себя типономиналы с разной величиной сопротивления, но с одинаковой геометрией и, следовательно, одинаковую для всех экземпляров геометрическую модель. Если не вдаваться в тонкости и не учитывать зависимость сопротивления от температуры и других факторов, то поведенческая модель для резистора – это закон Ома $I=U/R$. Так как ТХ (номинал), отличающая резисторы множества Тип резистора друг от друга это сопротивление, то поведенческие модели у всех экземпляров этого множества будут разными.

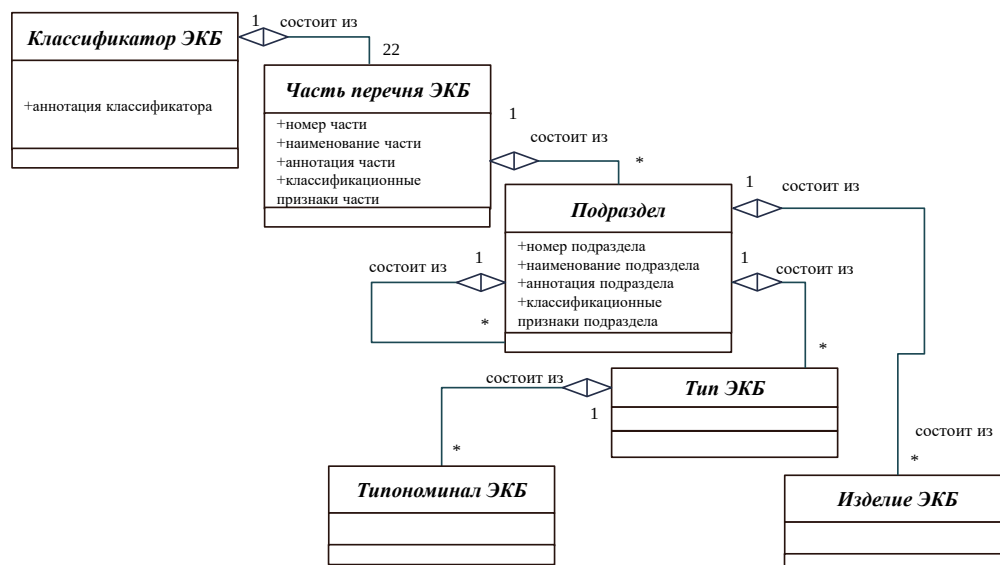


Рисунок 3 – ПрО ЭКБ (UML диаграмма классов)

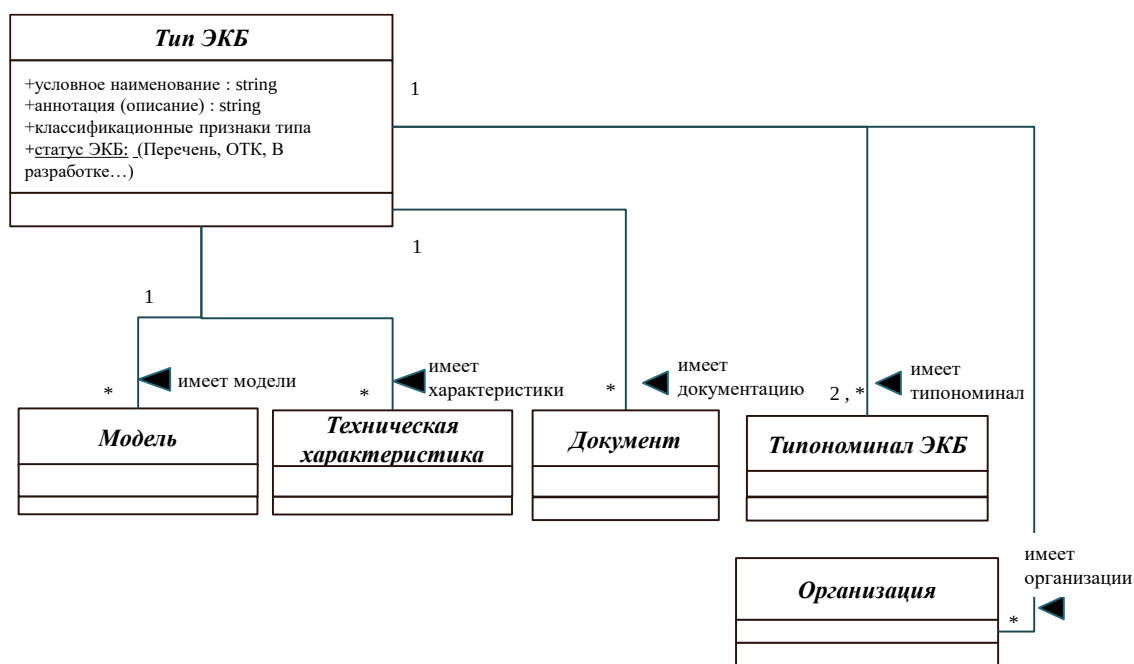


Рисунок 4 – Класс Тип ЭКБ (UML диаграмма классов)

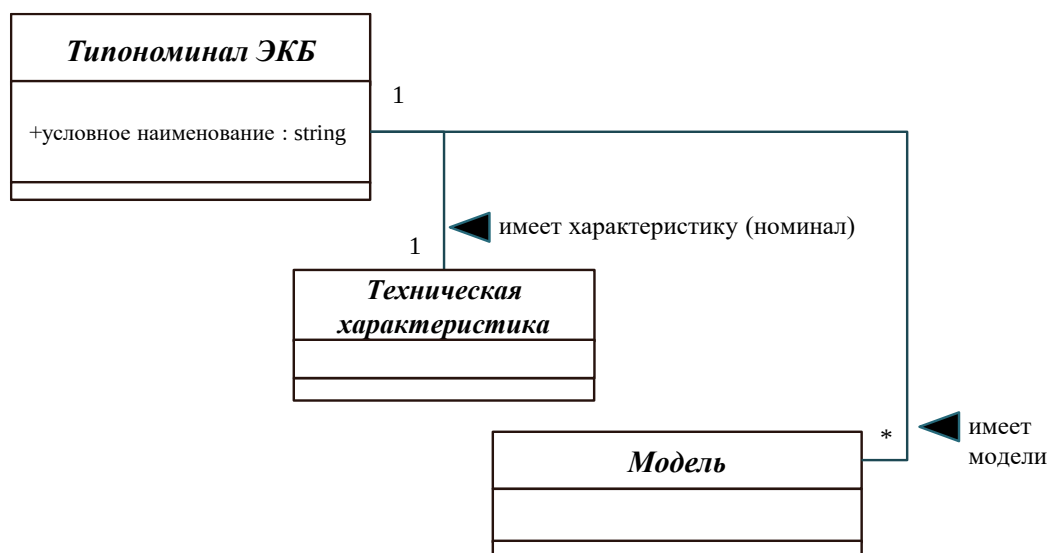


Рисунок 5 – Класс Типономинал ЭКБ (UML диаграмма классов)

Для того чтобы не перегружать UML диаграммы, на рисунках представлены не все на практике используемые классы, например, нет класса Категория качества и др. Отсутствующие на диаграммах классы не так важны для разработчика, как классы, относящиеся к ТХ ЭКБ, которые непосредственно используются при проектировании РЭА. Поэтому остановимся на них подробнее.

На практике применяются следующие классы ТХ (классификация в зависимости от типа данных, используемых в каждом классе):

Одномерные ТХ, заданные точечными значениями или отрезками значений, к примеру:

«Предельная рабочая частота диода» – частота, при которой выпрямленный ток уменьшается на 30% относительно своего значения, измеренного на низкой частоте [12];

«Рабочий диапазон частот прибора СВЧ» – интервал частот, в котором параметры и характеристики прибора СВЧ сохраняются в установленных пределах при его работе в заданном режиме [13].

Двухмерные ТХ, заданные функциональными зависимостями (чаще всего от одного аргумента), к примеру «Зависимости коэффициента усиления по напряжению,

току, мощности от частоты входного сигнала и напряжения питания» – $A(U, I, P) = f(f_I; U_{cc})$ [14]. По сути это простейший вариант математической модели (модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений [15]).

Многомерные ТХ, заданные математическими моделями. В настоящее время практически невозможна разработка РЭА без использования систем автоматизированного проектирования, которые в свою очередь требуют корректных математических моделей ЭКБ. Из класса ТХ, заданных математическими моделями (класс – Модель на рисунке 6) можно выделить три подкласса:

- трехмерные геометрические модели – используются при проектировании печатных плат;
- поведенческие электромагнитные модели – используются для моделирования работы электронных схем;
- поведенческие модели физических процессов – используются для моделирования работы изделий с учетом внешних воздействий (вибраций, ударов, тепла, электромагнитных полей, радиации и пр.).

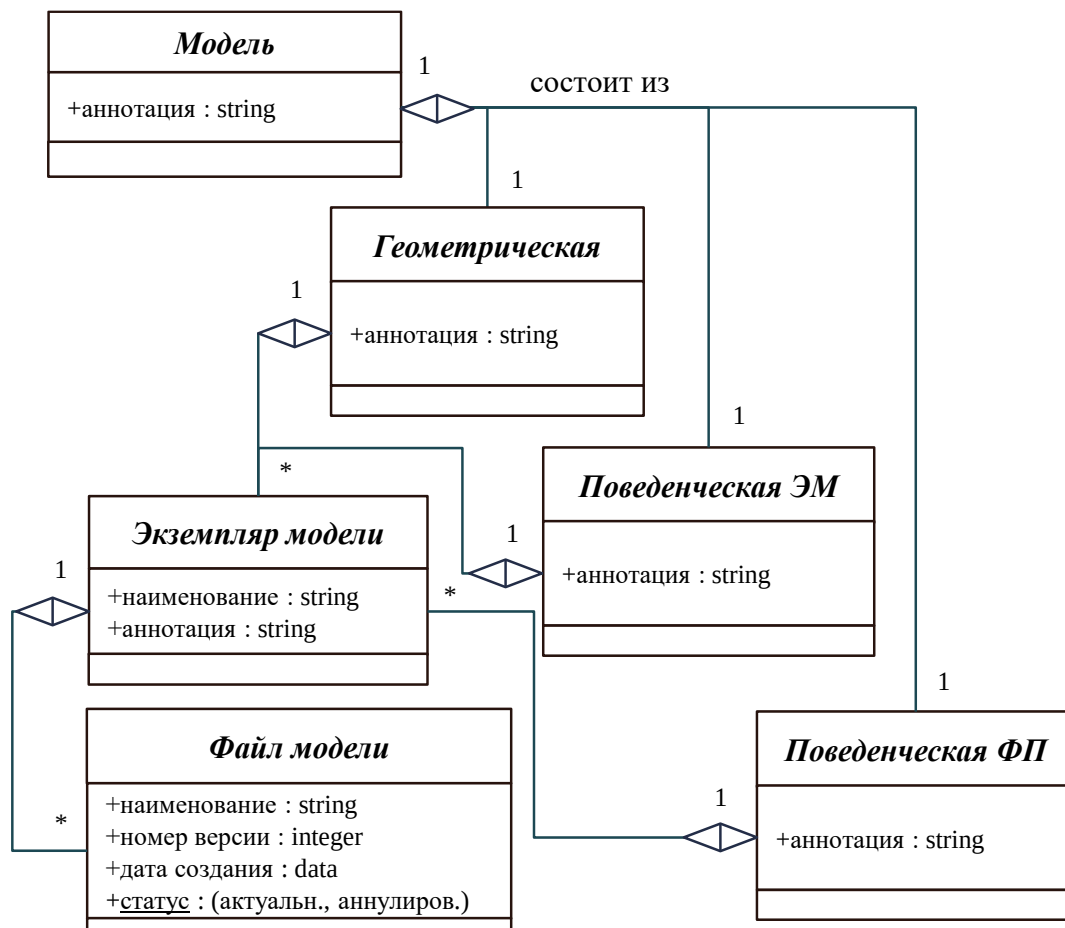


Рисунок 6 – Класс Модель ЭКБ (UML диаграмма классов)

Рисунок 6 наглядно демонстрирует причину того, что (как уже было отмечено) существующие ИС не позволяют обеспечить разработчика РЭА достоверным и достаточным объемом данных по ЭКБ. Невозможно достигнуть приемлемого качества информационного обеспечения на 4-м уровне, не подготовив соответствующим образом уровни 2 и 3. Задача объединения данных и знаний по ЭКБ из существующих на сегодня ИС практически не разрешима.

Для формирования единого представления данных и знаний по ТХ ЭКБ (уровни 2 и 3 на рисунке 2), необходимо решить следующие основные проблемы:

– проблема синонимичности информации по ТХ, не позволяющая решать задачи объединения данных по ЭКБ из нескольких ИС [1]. На решение этой проблемы направлена работа ФГБУ «ВНИИР» по разработке комплекса национальных стандартов [16].

– проблема оцифровки ТХ, заданных функциональными зависимостями. Необходима разработка методик оцифровки и соответствующих отраслевых нормативных документов, определяющих требования к этому классу ТХ.

Проблема отсутствия единого по отрасли представления ТХ класса Модель (рисунок 6) и недостаточного количества самих моделей. Необходима разработка соответствующих отраслевых нормативных документов, определяющих требования к этому классу ТХ и разработка моделей всех перечисленных выше классов для отечественной ЭКБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 19480-89 Микросхемы интегральные. Термины, определения и буквенные обозначения электрических параметров.

2. Сучков К.И., Колядин А.И., Чупринов А.А. Вопросы организации (структурирования) информации по техническим характеристикам электронной компонентной базы. // Мытищи, ФГУП «МНИИРИП», Научно-технический журнал «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», - 2021, №3, с.2-4.

3. Сайт ФГБУ «ВНИИР» – URL: <https://vniir-m.ru/node/1798> (дата обращения: 11.02.2025).

4. Исаев В.М., Чупринов А.А. Объединенное информационное пространство как основа создания аппаратуры отечественного производства // Международный форум «Микроэлектроника-2017», 3-я научная конференция «Электронная компонентная база и электронные модули», 2017. - С. 28-30.

5. Алексеев В.В., Боков С.И., Колядин А.И., Чупринов А.А. Использование баз знаний в системах автоматизированного проектирования // Международный форум «Микроэлектроника-2018», 4-я международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули». Сборник докладов. – Москва: ТЕХНОСФЕРА. Наноиндустрия. Спецвыпуск 2019(89). - С. 399-403.

6. Алексеев В.В., Боков С.И., Колядин А.И., Куцько П.П., Чупринов А.А. Система управления знаниями радиоэлектронного комплекса (РЭК) на основе объединенного информационного пространства (ОИП) // Тезисы докладов, Международный форум «Микроэлектроника-2018», 4-я международная научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули», Сборник тезисов – Республика Крым, г. Алушта, Техносфера., 2018. - С. 50-51.

7. Алексеев В.В., Боков С.И., Колядин А.И., Чупринов А.А. Задачи системы интеллектуальной поддержки проектировщика по радиоэлектронным и информационным технологиям и формализация задачи проектирования // Динамика сложных систем – XXI век. 2018. - т 12. № 4. С. 42-49.

8. Колядин А.И. Вопросы выбора модели представления знаний в радиоэлектронной отрасли. // Мытищи, ФГУП «МНИИРИП», Научно-технический журнал «Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения», - 2021, № 1 (5), с.36-40.

9. Системы искусственного интеллекта : учеб. пособие. В 2-х частях. / С. Н. Павлов. – Томск: Эль Контент. 2011. – Ч. 2. – 194 с.

10. Gruber T. R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. In J. A. Allen, R. Fikes, and E. Sandewell, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning – Proceedings of the Second International Conference, pp. 601-602.

11. Арлоу Д., Нейштадт А. / UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование, 2-е издание. – Пер. с англ. – Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.

12. Полупроводниковые диоды. Параметры, методы измерений / Под ред. Горюнова Н.Н. и Носова Ю.Р. – Москва: Изд-во «Советское радио», 1968. – 304 с.

13. ГОСТ 23769-79 Приборы электронные и устройства защитные СВЧ. Термины, определения и буквенные обозначения.

14. ОСТ 11 0277-87 Микросхемы интегральные. Усилители (НЧ, ПЧ, ВЧ). Система параметров.

15. ГОСТ Р 57188-2016 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения.

16. Савин М.Л., Корчагин А.И., Чупринов А.А., Колядин А.И., Егоркин А.В. ГОСТ Р 59988.00.0-2022 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Общие положения / ФГБУ «РСТ», издание официальное, Москва, 2022, 19 с.

Колядин Андрей Иванович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

Email: 1685015@bsuedu.ru

УДК 678

Научный руководитель:
Лозовая Светлана Юрьевна,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Д.А. КОСМИНСКИЙ
D.A. KOSMINSKY

БИОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕРМОПЛАСТЫ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ В МЕДИЦИНСКОЙ СФЕРЕ

BIOCOMPATIBLE THERMOPLASTICS AND THEIR PROSPECTS IN THE MEDICAL SPHERE

В статье рассматриваются возможности использования термопластичных полимеров в медицинской сфере, дается характеристика биосовместимых термопластов: полиамидов, полиуретанов, полиэтилена, ациклического акрила, полистирола. Приведены преимущества их использования в медицинской сфере и приведены направления развития вышеперечисленных полимеров.

Ключевые слова: термопластичные полимеры; биосовместимость, медицинская сфера; протезы.

This article discusses the possibilities of using thermoplastic polymers in the medical field, and describes biocompatible thermoplastics: polyamides, polyurethanes, polyethylene, acyclic acrylic, and polystyrene. The advantages of their use in the medical field are given and the directions of development of the above-mentioned polymers are given.

Keywords: thermoplastic polymers; biocompatibility, medical field; prostheses.

Современная медицина стремится к инновациям, которые обеспечивают улучшение качества жизни пациентов. Одним из ключевых направлений являются биосовместимые материалы, которые используются в производстве имплантов и медицинских устройств. В последние десятилетия биосовместимые термопласты занимают все более важное место в этой области благодаря своим уникальным свойствам, позволяющим минимизировать риск отторжения и улучшить интеграцию с тканями организма.

Биосовместимые термопласты – это полимерные материалы, способные безопасно взаимодействовать с живыми тканями без негативной реакции организма. Эти материалы, как правило, обладают хорошей механической прочностью, эластичностью и стабильностью, что делает их идеальными для применения в медицинской сфере. Важные требования к биосовместимым термопластам включают низкую токсичность, отсутствие аллергических реакций и способность к биодеградации или постепенно распадаться в организме без вреда для него.

Биосовместимые термопласты находят широкое применение в производстве ортопедических имплантов, таких как протезы суставов и фиксаторы. В отличие от традиционных металлических имплантов, термопласты могут уменьшать риск воспалительных реакций и аллергий, предлагая возможность более естественного сращения с костью, что существенно снижает реабилитационный период.

Современные протезы нижних конечностей, включая протезы бедра, голени и стопы, часто изготавливаются с использованием термопластов. Эти материалы используются для создания как каркасов протезов, так и для внешних оболочек, которые обеспечивают комфорт и поддержку. Применение 3D-печати и других современных технологий в сочетании с термопластами позволяет создавать протезы, которые максимально точно соответствуют анатомии пациента. Это делает их более удобными в носке и помогает пациентам быстрее адаптироваться к новым устройствам. Одним из таких примеров является модульный протез бедра, приемную гильзу которого изготавливают из термопластов (рис. 1) [1, 2].

Прозрачные гильзы из термопласта изготавливают для лечебных протезов. Приемные гильзы позволяют правильно сформировать культю под установку постоянного протеза, а также следить за состоянием культи при ходьбе. Один из материалов, который используют для изготовления прозрачных гильз, – *Orfitrans PETG*. Данный термопласт прозрачен, пластичен, а также обладает высокой прочностью и повышенной стойкостью к ударным нагрузкам.

Приемные гильзы из термопластов представляют собой современное решение для протезирования, обеспечивая удобство, легкость и долговечность. Их использование позволяет врачам и инженерам создавать адаптивные и индивидуализированные модели, которые значительно улучшают качество жизни пациентов, восстанавливая их способность к активной жизни. С учетом продолжающихся инноваций в области материаловедения и технологий, можно ожидать, что термопласты сыграют еще более важную роль в протезировании в будущем.



Рисунок 1 – Схема конструкции модульного протеза бедра

Использование термопластов в стоматологии стало важным направлением, так как эти материалы обладают множеством преимуществ по сравнению с традиционными. Термопласты широко применяются в различных областях стоматологии, включая протезирование, ортодонтию и изготовление временных реставраций. Рассмотрим подробнее, как термопласты используются в стоматологической практике. Способность термопластов к адаптации и легкость в обработке делают их популярными среди стоматологов. Термопласты часто используются для создания ортодонтических пластин и кап, коронок и вкладывшей, а также компонентов, которые используются для их установки и помогают выравнивать зубы (рис. 2). Они обеспечивают комфорт, хороший контроль над движением зубов и минимизируют риск раздражения десен [3, 4].



Рисунок 2 – Зубные протезы из термопластов

Каждый вид термопласта имеет свои особенности, что делает его более подходящим для определенных задач.

1. **Полиамиды (Нейлон):** данные термопласты обладают высокой прочностью и хорошей гибкостью. Они используются для изготовления съемных протезов, так как легко обрабатываются и могут принимать форму, хорошо подстраиваясь под анатомию рта. Однако не забываем, что нейлоновая основа может проявлять аллергенные реакции у некоторых пациентов.

2. **Полиуретаны:** этот тип термопласта отличается высокой эластичностью и устойчивостью к механическим повреждениям. Он часто используется для временных коронок и мостов, а также в качестве основы для съемных протезов. Полиуретаны обладают хорошей биосовместимостью и часто применяются в детской стоматологии.

3. **Полиэтилен:** из-за своей низкой плотности и доброй механической прочности, полиэтилен используется в основном для создания защитных облицовок и временных реставраций. Он легко обрабатывается и может быть использован для создания моделей зубных протезов.

4. **Ациклический акрил (РММА):** этот термопласт широко используется для изготовления зубных протезов и матриц. Его основные характеристики — высокая прозрачность и возможность окраски, что позволяет создавать эстетически привлекательные реставрации. Однако, он менее прочный, чем другие термопласты, и может быть подвержен износу.

5. **Полистирол:** отличается хорошими оптическими свойствами и используется для создания моделей и опорных конструкций в ортодонтии. С его помощью можно изготавливать капы и другие ортодонтические устройства.

Термопласты также стали неотъемлемой частью медицинской упаковки благодаря своим уникальным свойствам, которые обеспечивают не только защиту, но и сохранность медицинских изделий, от медикаментов до хирургических инструментов. Термопласты являются основным материалом для изготовления эластичной тары, крышек, уплотнителей, трубок, систем хранения и переливания крови (рис. 3), манжет поршней для шприцов, а также ламп-капельниц.



Рисунок 3 – Контейнеры для переливания крови из поливинилхлорида

Контейнеры для переливания крови обычно изготавливаются из поливинилхлорида (PVC). Этот термопласт популярен в медицинских приложениях из-за своих отличных барьерных свойств, гибкости и устойчивости к механическим повреждениям. PVC

позволяет создавать прозрачные и герметичные контейнеры, что крайне важно для обеспечения безопасности и стабильности крови и кровезаменителей при хранении и транспортировке.

Кроме того, для контейнеров для переливания крови могут использоваться и другие термопласты, такие как полиэтилен (*PE*) и полиуретан, однако *PVC* остается наиболее распространенным выбором в этой области. Важно, чтобы использованные материалы были биосовместимыми и прошли необходимые тесты на безопасность, чтобы минимизировать риск нежелательных реакций при переливании.

Поскольку научные исследования и технологии продолжают развиваться, потенциал термопластов в медицине только возрастает. Новые композиции и модификации термопластов открывают возможности для создания еще более безопасных и эффективных медицинских материалов, способствующих улучшению качества лечения и ухода за пациентами [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луговнина Е. А. Полипропилен для производства одноразовых медицинских изделий / Луговнина Е. А. // Аллея Науки. - №4(43). – 2020. - С. 34-35.
2. Степанова Л. В. Ортопедическое лечение больных с применением термопластических материалов / Степанова Л. В., Черников С. В. //Главный врач Юга России. – 2013. - С. 66-67.
3. Варес Э. Я., Варес Я. Э., Нагурный В. Н. «Дорогу термопластам в стоматологическую ортопедию». Журнал «Стоматология сегодня», №8, 2013 – 45 С. 27-28.
4. Трегубов И. Д. Применение термопластических материалов в стоматологии / Трегубов И. Д., Михайленко Л. В., Болдырева Р. И., Маглакелидзе В. В., Трегубов С. И. // Медицинская пресса, № 2. – 2007. - С. 227-228.
5. Камлев С. С. Методика ортопедического лечения термопластическими протезами с оценкой качества жизни пациентов / Камлев С. С. // Ортопедическая практика. – 2019. - С. 72-73.

Косминский Дмитрий Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: kosmodromc@gmail.com

УДК 678

Научный руководитель:
Лозовая Светлана Юрьевна,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Д.А. КОСМИНСКИЙ, О.В. ГУДЕНКО
D.A. KOSMINSKY, O.V. GUDENKO

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОПЛАСТОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

EFFICIENCY OF USING THERMOPLASTICS IN THE ENERGY SECTOR

В данной статье рассматриваются перспективы использования термопластичных полимеров в энергетическом секторе, дается краткая характеристика таких термопластов, как полиамид, пропилен и полиэтилен высокого давления, описаны их преимущества и перспективы развития использования, способные уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: термопласты; энергетический сектор; полиамид; полипропилен; полиэтилен высокой плотности.

This article examines the prospects for the use of thermoplastic polymers in the energy sector, provides a brief description of thermoplastics such as polyamide, propylene and high-pressure polyethylene, describes their advantages and prospects for the development of use that can reduce the negative impact on the environment.

Keywords: thermoplastics; energy sector; polyamide; polypropylene; high density polyethylene.

Энергетический сектор является одним из ключевых потребителей полимерных материалов, в частности, термопластов. Потребность в энергоэффективных и экологически чистых решениях стимулирует поиск и внедрение новых материалов, способных улучшить характеристики оборудования и снизить затраты на производство, эксплуатацию и утилизацию. Термопласты, благодаря своим уникальным свойствам, таким как легкость обработки, высокая диэлектрическая прочность, коррозионная стойкость и возможность вторичной переработки, играют все более важную роль в различных областях энергетического сектора.

В современной ветроэнергетике термопласты играют важную роль, их применение постоянно расширяется, заменяя традиционные компоненты ветрогенераторов из металла. В последнее время, ветряные турбины ветрогенераторов изготавливаются из композиционных материалов, в которых термопластичная матрица (например, полиамид (ПА) или полипропилен (ПП)) армирована стекловолокном или углеродным волокном.

Термопластичные композиты обладают высокой прочностью, легкостью и устойчивостью к атмосферным воздействиям, что позволяет создавать более эффективные и долговечные лопасти. Кроме того, термопласты применяются в корпусах, обтекателях и других компонентах ветрогенераторов (рис. 1, а).

Термопласты используются в качестве защитных покрытий для солнечных панелей, обеспечивая защиту от ультрафиолетового излучения, влаги и механических повреждений. Этиленвинилацетат, из которого изготавливается полимерная пленка (ЭВА), является одним из наиболее распространенных материалов для герметизации солнечных элементов (рис. 1, б) [1]. Также термопласты используются в конструкциях рамок и корпусов солнечных панелей, поскольку использование полимерных материалов в конструкции солнечных коллекторов позволяет снизить вес и стоимость гелиосистемы за счёт исключения цветных металлов из конструкции.



Рисунок 1 – Ветряные турбины (а) и солнечные панели (б) из термопластов

Кроме того, термопласты, такие как полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) и полиамид (ПА) являются отличными энергоносителями и используются для изготовления резервуаров и трубопроводов для хранения и транспортировки нефти, газа и водорода (рис. 2, а, б). Они обеспечивают высокую герметичность, коррозионную стойкость и устойчивость к агрессивным средам.



Рисунок 2 – Использование термопластов в нефтедобывающей и газодобывающей промышленности: а – трубопровод, б – резервуар

Термопласты получили широкое распространение в качестве изоляционных материалов для проводов и кабелей (рис. 3), благодаря сочетанию ценных свойств, таких как высокая диэлектрическая прочность, гибкость, стойкость к химическим воздействиям и относительная простота обработки. Использование термопластов для изоляции позволяет создавать надежные и долговечные электрические сети, обеспечивающие безопасную передачу электроэнергии в различных условиях эксплуатации [2].

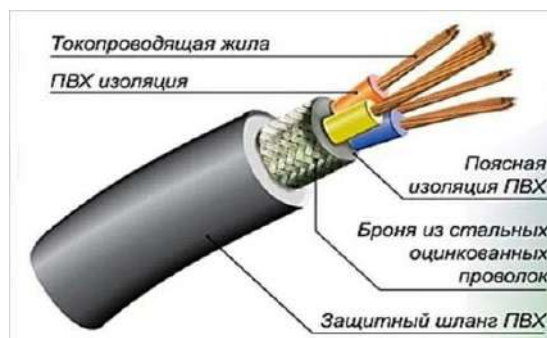


Рисунок 3 – Схема электрического кабеля с ПВХ изоляцией

Термопласты играют ключевую роль в обеспечении надежной и безопасной работы электрических систем. Широкий спектр видов изоляционных изделий, от гибкой ПВХ-ленты до термостойких фторполимерных трубок (рис. 4), позволяет подобрать оптимальное решение для любой задачи – от простой бытовой электропроводки до сложных

промышленных установок. Выбор конкретного вида изоляции определяется комплексом факторов, включая рабочее напряжение, температурный диапазон, условия эксплуатации и требования к безопасности [3, 4].



Рисунок 4 – Изоляционные изделия из термопластов

Использование термопластов в энергетическом секторе представляет собой перспективное направление, позволяющее повысить эффективность, снизить затраты и улучшить экологическую безопасность энергетического оборудования. Разработка новых термопластичных материалов с улучшенными характеристиками и внедрение современных технологий переработки и вторичного использования отходов позволит расширить область применения термопластов в энергетике и внести значительный вклад в создание устойчивой и экологически чистой энергетической системы [5]. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут способствовать созданию новых инновационных решений, направленных на повышение энергоэффективности и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Велижанин А.А. Изучение устройства и принципа действия солнечного коллектора: Учебно-методическое пособие / Велижанин А.А., Мингалеева Р.Д., Бессель В.В., А.Ю. Серовайский – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2023. – 74 С. 32–33.
2. Крыжановский В. К. Технические свойства полимерных материалов. / Крыжановский В. К., Бурлов В. В., Паниматченко А. Д., Крыжановская Ю. В.- СПб.: Профессия, 2003. - 248 С. 143-145.
3. Кулезнёв В. Н., Химия и физика полимеров. / Кулезнёв В. Н., Шершнева В. А. - М.: КолосС, 2007. - 320 С. 211-214.
4. Морозов И.А. Технологическое оборудование для переработки термопластов / Морозов И.А. // Современные технологии. – 2020. – № 1. – С. 22–28.
5. Шевченко Н.Д. Инвестиции в переработку пластмасс: экономика и возможности / Шевченко Н.Д. // Экономика переработки. – 2022. – № 4. – С. 36–41.

Косминский Дмитрий Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

Е-mail: kosmodromc@gmail.com

Гуденко Олег Витальевич

Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры механического оборудования

Е-mail: oleg.gudenko2014@yandex.ru

Научный руководитель:
Удовенко Ирина Васильевна,
 доцент кафедры информационных
 и робототехнических систем,
 НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Е.А. ЛЕСКОВ, В.Г. СИРОТА
 E.A. LESKOV, V.G. SIROTA

О ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ В ЭКОНОМИКЕ

ON SUBJECT-ORIENTED DESIGN IN ECONOMY

В статье представлено рассмотрение концепции предметно-ориентированного программирования или DDD. Рассмотрена основная идея, инструменты и отличия от традиционного объектно-ориентированного программирования. Особое внимание уделено практическим примерам предметно-ориентированного программирования на платформе .NET с использованием языка C#. Результатом работы является конспект и цитирование информации о предметно-ориентированном программировании.

Ключевые слова: Domain-Driven Design (DDD), .NET, C#, архитектура информационных систем.

The article provides an overview of the concept of Domain-Driven Design (DDD). It examines the core ideas, principles, and distinctions of DDD compared to traditional object-oriented programming. Special emphasis is placed on practical examples of Domain-Driven Design within the .NET platform using the C# language. The outcome of this work is a compilation and citation of key insights on DDD.

Keywords: Domain-Driven Design (DDD), .NET, C#, information systems architecture.

Предметно-ориентированное программирование (далее DDD) – это набор правил, предложенный Э. Эвансом в его книге «Domain-Driven Design», которые направлены на правильное проектное решение с фиксацией на бизнес-логику и организацию кода в соответствии с доменной моделью. Основная цель DDD – создать гибкую модель, которая эволюционирует вместе с требованиями бизнеса. DDD особенно полезен в проектах с неочевидной бизнес-логикой, например, в финансовых системах, электронной коммерции или CRM [1].

DDD предлагает мощные инструменты для проектирования сложных систем, но требует глубокого понимания бизнес-логики, для этого необходимо: определить ограниченные контексты и единый язык; обратить внимание на инварианты и агрегаты; использовать события для реагирования на изменения.

Единый язык (Ubiquitous Language) – это терминология, согласованная между разработчиками и экспертами домена. Например, в интернет-магазине термины «Заказ», «Корзина» или «Скидка» должны иметь однозначные определения. На рисунке 1 представлен пример создания модели в DDD. Здесь стоит обратить внимание на именование, которое понятно всем и не содержит пометки, например, Entity или Data.

```

Ссылка: 0
public class Order // Не "OrderEntity" или "OrderData" - язык должен быть естественным
{
    Ссылка: 0
    public Guid Id { get; private set; }
    Ссылка: 0
    public DateTime CreatedAt { get; private set; }
}
  
```

Рисунок 1 – Пример общего языка

Единый язык в проекте для описания всего, позволяет убрать недопонимания между разработчиками и аналитиками. Он служит мостом между технической и бизнес-частями проекта, устраняя недопонимание и обеспечивая согласованность модели домена и её реализации в коде [2, 3].

Ограниченный контекст (Bounded Context) – создаёт границы для разных доменных моделей, позволяет изолировать модели, сохраняя их целостность, а также управлять взаимодействиями между разными частями системы, делая разработку простой и понятной. Надо отметить, что, если сущности и термины начинают конфликтовать, то это сигнал для выделения нового контекста. На рисунке 2 показан пример использования нескольких ограниченных контекстов. Например, для каждого контекста используются только необходимые для конкретного контекста инструменты, как можно видеть у первого контекста, имеются сервисы, а у второго только команды для реализации CQRS. И также здесь имеется общее ядро для реализации связи.

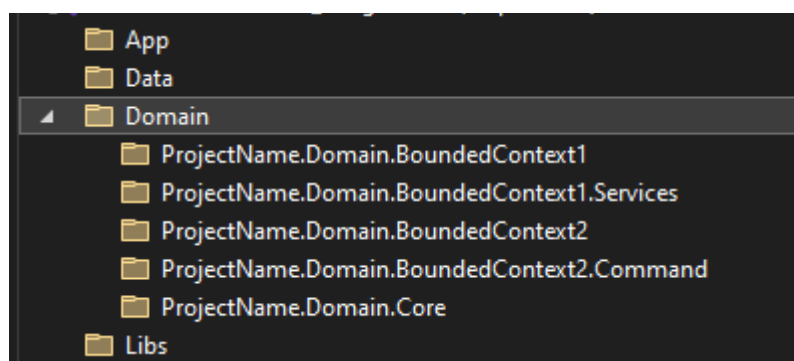


Рисунок 2 – Пример ограниченного контекста

Для корректной работы сервисов между их модулями нужно настроить связи, в DDD это называется context mapping. Каждый из вида связей для моделей имеет плюсы и минусы, важно их правильно выбрать. Выбор правильных связей для моделей и контекстов важный элемент DDD.

Партнерство (Partnership): Контексты тесно сотрудничают, согласовывая изменения и синхронизируя разработку. Команды работают вместе, чтобы избежать конфликтов. Примером связи является два контекста «Оформление заказа» и «Оплата» в интернет-магазине: изменения в одном требуют изменений в другом. Данная связь снижает риск несовместимости, но делает большую зависимость между командами, что приводит к замедлению разработки.

Общее ядро (Shared Kernel): Контексты используют общую часть модели (классы, библиотеки, схемы данных). Эта часть разрабатывается совместно и изменяется только по согласованию. Примером связи служит общая модель «Пользователь» для двух контекстов «Аутентификация» и «Профиль». Данная связь уменьшает количество дублированного кода, но при изменении ядра надо менять все сервисы, которые используют общее ядро. Например, если будем модифицировать модель, которую используют в сервисах «Аутентификация» и «Профиль», то также надо будет обновить и сервисы тоже.

Заказчик-Поставщик (Customer-Supplier): Один контекст (поставщик) предоставляет сервисы/данные, а другой (заказчик) их использует. Поставщик учитывает потребности заказчика. Примером связи служит контекст «Аналитика» (заказчик) зависит от данных из контекста «Продажи» (поставщик). Связь обеспечивает четкое разделение ответственности, но заказчик зависит от поставщика.

Выбор типа связи в DDD зависит от степени контроля над контекстами, частоты изменений и сложности интеграции. Главная цель – минимизировать coupling (связанность) и обеспечить целостность доменных моделей.

DDD предлагает мощные инструменты для проектирования сложных систем, но требует глубокого понимания бизнес-логики. DDD не стоит применять для простых CRUD-приложений, но в сложных доменах он становится незаменимым. Примеры кода адаптированы под C# 10, но концепции DDD универсальны и применимы в любом ООП-языке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эванс Э. Возможности Предметно-ориентированное проектирование (DDD): структуризация сложных программных систем // URL: <https://www.ozon.ru/product/predmetno-orientirovannoe-proektirovanie-ddd-strukturizatsiya-slozhnyh-programmnyh-sistem-340457657/#section-description--offset-140--offset-80>.
2. Вернон В. Реализация предметно-ориентированного проектирования // URL: [\[https://www.amazon.com/Implementing-Domain-Driven-Design-Vaughn-Vernon/dp/0321834577\]](https://www.amazon.com/Implementing-Domain-Driven-Design-Vaughn-Vernon/dp/0321834577)
3. Вернон В. Предметно-ориентированное проектирование: самое начало // URL: [\[https://www.ozon.ru/product/predmetno-orientirovannoe-proektirovanie-samoe-osnovnoe-vernon-von-851285274/\]](https://www.ozon.ru/product/predmetno-orientirovannoe-proektirovanie-samoe-osnovnoe-vernon-von-851285274/)

Лесков Егор Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: egor.leskov.03@mail.ru

Сирота Вероника Геннадьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: 1491043@bsuedu.ru

Научный руководитель:
Удовенко Ирина Васильевна,
 доцент кафедры информационных
 и робототехнических систем,
 НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

А.В. ЛИТВИНЧУК, В.А. МАСЛИЙ, Я.Ю. БОЧАРОВ, Т.А. НЕСТЕРОВА
 A.V. LITVINCHUK, V.A. MASLIJ, YA.YU. BOCHAROV, T.A. NESTEROVA

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА

DESIGNING THE ARCHITECTURE OF THE REHABILITATION SYSTEM FOR PATIENTS WITH SPINAL INJURIES

В данной статье описывается разработка системы поддержки принятия решений (СППР) для диагностики и лечения травм позвоночника. Основу системы составляют весовые коэффициенты для различных видов травм и алгоритм расчета тяжести травмы, позволяющий рекомендовать оптимальные методы лечения. Рассмотрена архитектура СППР, включающая этапы сбора и анализа требований, проектирования базы данных, разработки интерфейсов и функционала, интеграции с внешними системами, обеспечения безопасности данных и тестирования. Представлен пример работы системы с расчетом индекса травмы и рекомендациями по лечению.

Ключевые слова: реабилитация позвоночника, реабилитация, система поддержки принятия решений, архитектуры системы реабилитации пациентов с травмами позвоночника.

This article describes the development of a decision support system (DSS) for the diagnosis and treatment of spinal injuries. The system is based on weight coefficients for various types of injuries and an algorithm for calculating the severity of the injury, which makes it possible to recommend optimal treatment methods. The architecture of the DSS is considered in detail, including the stages of requirements collection and analysis, database design, interface and functionality development, integration with external systems, data security and testing. An example of how the system works with the calculation of the injury index and treatment recommendations is presented.

Keywords: spinal rehabilitation, rehabilitation, decision support system, architectures of the rehabilitation system for patients with spinal injuries.

Система поддержки принятия решений (СППР) предназначена для помощи медицинским специалистам в диагностике и определении оптимального плана лечения травм позвоночника. Основой такой системы служат весовые коэффициенты, присвоенные различным видам травм, а также алгоритм, позволяющий рассчитать общую степень тяжести травмы и рекомендовать соответствующие меры [3]. Архитектура системы поддержки принятия решений при реабилитации пациентов с травмами позвоночника представлена на рисунке 1.

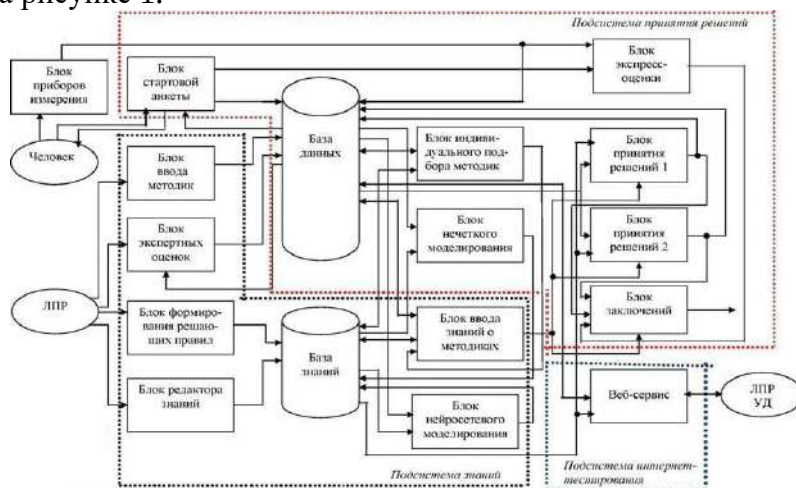


Рисунок 1 – Архитектура системы поддержки принятия решений
 при реабилитации пациентов с травмами позвоночника

Архитектура системы поддержки принятия решений (СППР) для реабилитации пациентов с травмами позвоночника представляет собой последовательность, состоящую из семи шагов: сбор и анализ требований, проектирование базы данных, эффективная база данных, разработка интерфейсов, разработка функционала, интеграция с внешними системами, обеспечение безопасности и защиты данных, защита данных пациентов имеет первостепенную важность, тестирование и внедрение.

Далее рассмотрим виды травм позвоночника и их весовые коэффициенты.

Для построения СППР необходимо классифицировать типы травм позвоночника и присвоить каждому типу определенный весовой коэффициент, который будет отражать тяжесть данной травмы. Ниже приведены возможные категории травм и их предполагаемые весовые коэффициенты:

- компрессионные травмы (коэффициент 0.8) возникают при сдавливании позвоночника, часто сопровождаются переломами тел позвонков;
- дистракционные травмы (коэффициент 0.6) появляются при растяжении вдоль оси позвоночника, могут привести к разрыву межпозвоночных дисков;
- ротационные травмы (коэффициент 0.9) вызваны резким поворотом или вращением, могут сопровождаться вывихами и подвывихами позвонков;
- травмы при чрезмерном сгибании: (коэффициент 0.7) могут приводить к перелому остистых отростков или вывиху межпозвоноковых суставов;
- травмы при гиперэкстензии (коэффициент 0.75) происходят при чрезмерном разгибании, иногда приводят к трещинам или отрывам краевых частей позвонков;
- смещение позвонков (коэффициент 0.85) один позвонок смещается относительно другого, что может вызвать нестабильность и компрессию нервных корешков;
- изолированные травмы (коэффициент 0.65) повреждение затрагивает только позвоночник, без вовлечения других органов или тканей;
- сочетанные травмы (коэффициент 0.95) наряду с позвоночником поражены другие части тела, что усложняет лечение и увеличивает риски осложнений;
- комбинированные травмы (коэффициент 1.0) включают несколько видов воздействий, например, огнестрельные ранения или удары острыми предметами, что делает травму особенно сложной;
- закрытые травмы (коэффициент 0.55) кожные покровы остаются целостными, но внутренние ткани могут быть серьезно повреждены;
- открытые травмы (коэффициент 0.75) имеются внешние раны, что повышает риск инфекций и кровотечений;
- проникающие травмы (коэффициент 0.90) ткани позвоночника и окружающие структуры повреждены острыми предметами, такими как пули или осколки;
- шейный отдел (коэффициент 0.95) травмы шейного отдела часто самые опасные, поскольку близость к головному мозгу и важным нервным стволам увеличивает вероятность серьезных осложнений;
- грудной отдел (коэффициент 0.80) может включать повреждения легких, сердца и крупных сосудов;
- поясничный отдел (коэффициент 0.70) наиболее распространенный участок для травм, включая компрессионные переломы и грыжи дисков;
- крестцово-копчиковый отдел (коэффициент 0.60) менее подвержен серьезным травмам, однако переломы крестца могут вызывать сильные боли и дисфункции тазовых органов;
- множественные уровни (коэффициент 1.00) повреждения сразу нескольких отделов позвоночника значительно увеличивают риск осложнений и требуют комплексного подхода к лечению;
- без повреждения спинного мозга (коэффициент 0.50) если спинной мозг не пострадал, прогноз обычно лучше, хотя восстановление может занять длительное время;

- с повреждением спинного мозга (коэффициент 1.20) очень серьезные травмы, сопровождающиеся параличом, потерей чувствительности и нарушениями функций внутренних органов;
- стабильные травмы (коэффициент 0.40) без смещения позвонков и серьезных нарушений стабильности позвоночника;
- нестабильные травмы (коэффициент 0.90) высокий риск вторичных повреждений спинного мозга и окружающих тканей [2].

Общая формула для расчета тяжести травмы выглядит следующим образом:

$$\text{Общий индекс травмы} = \sum_{i=1}^N W_i * X_i$$

где W_i – весовой коэффициент i -го типа травмы, X_i – бинарная переменная, принимающая значение 1, если травма присутствует, и 0, если отсутствует, N – общее число рассматриваемых типов травм.

Шаги алгоритма:

- сбор данных: медицинский специалист вводит информацию о пациенте, включая тип травмы, локализацию, состояние кожных покровов, наличие повреждения спинного мозга и т.д.;
- расчет индекса травмы: система вычисляет общий индекс травмы, используя введенные данные и весовые коэффициенты;
- принятие решения.

В зависимости от полученного значения индекса система предлагает рекомендации по дальнейшим действиям:

- легкая травма (индекс менее 2.0): амбулаторное лечение, физиотерапия;
- средняя травма (индекс от 2.0 до 4.0): стационарное наблюдение, консервативное лечение;
- тяжелая травма (индекс более 4.0): срочная госпитализация, хирургическое вмешательство.

Дополнительные анализы: система может рекомендовать проведение МРТ, КТ или рентгенографии для уточнения диагноза.

Например, пациент поступил с жалобами на боль в пояснице после падения с высоты. Диагноз: компрессионный перелом L1 позвонка (вес 0.8), закрытая травма (вес 0.55), изолированная травма (вес 0.65), стабильная (вес 0.40), без повреждения спинного мозга (вес 0.50).

Расчет общего индекса травмы: Индекс травмы = $0.8 + 0.55 + 0.65 + 0.40 + 0.50 = 2.90$.

Согласно рекомендациям системы, пациенту требуется стационарное наблюдение и консервативное лечение, включая обезболивание, физиотерапию и ношение ортопедического корсета.

Для создания полноценной системы поддержки принятия решений (СППР) для травм позвоночника, важно разработать набор правил и рекомендаций, основанных на специфике различных видов травм и сопутствующих факторах. Ниже приведем десять примеров, демонстрирующих работу такой системы.

1. Компрессионные травмы (Вес: 0.8)

Пример: Пациент получил компрессионный перелом L1 позвонка в результате автомобильной аварии. Работа СППР: Система анализирует травму как компрессионную, присваивает ей соответствующий вес (0.8) и добавляет к общему индексу травмы. Рекомендация: немедленная госпитализация, консультация нейрохирурга, возможное хирургическое вмешательство.

2. Дистракционные травмы (Вес: 0.6)

Пример: Спортсмен получил дистракционную травму грудного отдела позвоночника при падении с велосипеда. Работа СППР: Система распознаёт травму как дистракционную, прибавляет её вес (0.6) к общей оценке. Рекомендации: постельный режим, назначение противовоспалительных препаратов, последующая реабилитация.

3. Ротационные травмы (Вес: 0.9)

Пример: Человек упал с лестницы и получил ротационную травму шейного отдела. Работа СППР: Система диагностирует травму как ротационную, присваивает вес (0.9) и советует немедленное обследование с помощью МРТ, наложение воротника Шанца и направление к специалисту по хирургии позвоночника.

4. Травмы при чрезмерном сгибании (Вес: 0.7)

Пример: Работник завода получил травму при попытке поднять тяжелый предмет. Работа СППР: Система идентифицирует травму как возникшую при чрезмерном сгибании, добавляет вес (0.7) и рекомендует амбулаторное лечение, использование миорелаксантов и физиотерапевтические процедуры.

5. Травмы при гиперэкстензии (Вес: 0.75)

Пример: Женщина получила травму поясничного отдела при занятиях гимнастикой. Работа СППР: Система отмечает травму как вызванную гиперэкстензией, прибавляет вес (0.75) и предлагает стационарное наблюдение, физиотерапию и массаж.

6. Смещение позвонков (Вес: 0.85)

Пример: Пожилой человек упал и получил смещение позвонков в грудном отделе. Работа СППР: Система регистрирует смещение позвонков, присваивает вес (0.85) и направляет пациента на компьютерную томографию для точного определения степени смещения и консультации ортопеда.

7. Изолированные травмы (Вес: 0.65)

Пример: Ребенок упал с дерева и повредил только позвоночник. Работа СППР: Система фиксирует изолированную травму, присваивает вес (0.65) и рекомендует постельный режим, анальгетики и последующее динамическое наблюдение.

8. Сочетанные травмы (Вес: 0.95)

Пример: Пострадавший в ДТП получил сочетанную травму позвоночника и конечностей. Работа СППР: Система распознает сочетанность травмы, добавляет вес (0.95) и назначает комплексное лечение, включающее хирургическое вмешательство, ортопедическую коррекцию и длительную реабилитацию.

9. Комбинированные травмы (Вес: 1.0)

Пример: Мужчина получил комбинированную травму позвоночника и грудной клетки в результате нападения. Работа СППР: Система оценивает травму как комбинированную, присваивает максимальный вес (1.0) и немедленно направляет пострадавшего в отделение интенсивной терапии для стабилизации состояния и дальнейшего хирургического вмешательства.

10. Проникающие травмы (Вес: 0.90)

Пример: Больной получил проникающую травму поясницы острым предметом. Работа СППР: Система диагностирует проникающую травму, добавляет вес (0.90) и срочно направляет пациента на операцию для удаления инородного предмета и остановки кровотечения [1].

Таким образом, выработан принцип работы СППР:

- сбор данных: специалист вводит информацию о пациенте, включая тип травмы, локализацию, состояние кожи, наличие повреждений спинного мозга и другие параметры;
- расчёт индекса травмы: система вычисляет суммарный индекс тяжести травмы, используя весовые коэффициенты для каждого типа повреждения;
- принятие решения: в зависимости от величины индекса, система выдает рекомендации по дальнейшему лечению и наблюдению.

Таким образом, проектирование архитектуры СППР для реабилитации пациентов с

травмами позвоночника – сложный и многогранный процесс, требующий глубокого понимания медицинских протоколов, технических аспектов и вопросов безопасности. Эффективная архитектура обеспечивает поддержку принятия решений, улучшает качество ухода за пациентами и повышает эффективность работы медицинских учреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патрина, Т.А, Система поддержки принятия решения при диагностике и лечении опорно-двигательного аппарата человека: диссертация кандидата технических наук: 05.11.17

2. Греченева А. В., Дорофеев Н. В. Информационная модель человека в системе реабилитации позвоночника // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2018) : сборник трудов VII Международной научно-технической конференции, Белгород, 17–19 октября 2018 года. Белгород, 2018. С. 399-402

3. Домаев, К. И. Обзор систем поддержки принятия врачебного решения / К. И. Домаев // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: Сборник статей по материалам ССXXXVIII международной научно-практической конференции, Москва, 22 ноября 2021 года. Том 43 (238). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2021. – С. 215-218. – EDN JQUTCO

Литвинчук Алексей Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

Email: 1759426@bsuedu.ru

Бочаров Яков Юрьевич

ООО «Ортомедцентр» (г. Белгород, Россия)

Заместитель директора

Email: bocharovayakov@yandex.ru

Маслий Владислав Антонович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет» (г. Москва, Россия)

Студент кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий

Email: masliyvlad2001@yandex.ru

Нестерова Тамара Андреевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: nesterova@bsu.edu.ru

УДК 520.8.054

*Научный руководитель:
Овчаров Павел Петрович,
старший преподаватель кафедры
радиоэлектроники и телекоммуникаций,
«СевГУ» (Севастополь, Россия)*

Г.Р. МИХАЙЛИК
G.R. MIHAYLIK

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРОННОГО УМНОЖИТЕЛЯ ДЛЯ ПРИЁМА СИГНАЛА В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ USING A PHOTOELECTRIC MULTIPLIER TO RECEIVE A SIGNAL IN THE OPTICAL RANGE

Статья дает первичный анализ использования лампы фотоэлектронного умножителя как приёмника сигнала в оптическом диапазоне, подробно освещает проблемы, с которыми столкнулись авторы в ходе работы в данной области. Приводится один из вариантов реализации. В статье представлены внешний вид потенциального устройства, фрагмент структурной схемы работы объединённого блока, принципиальные схемы разработанных блоков, что может быть интересным и полезным для повторения, а также дальнейшей модернизации как энтузиастами, так и специалистами в данной сфере.

Ключевые слова: ФЭУ; высоковольтный источник питания; высоконадёжные источники питания; двухтактная схема преобразования; регулировка напряжений; делитель напряжения.

The article presents a primary analysis of the use of a photomultiplier lamp as a receiver of a signal in the optical range and highlights in detail the problems encountered by the authors in the course of their work in this field. One of the implementation options is given. The article presents the appearance of a potential device, a fragment of a structural diagram of a combined unit and schematic diagrams of the units being developed, which may be interesting and useful for repetition and further modernization by both enthusiasts and specialists in this field.

Keywords: Power supply; high-voltage power supply; highly reliable power supplies; push-pull conversion circuit; voltage regulation; voltage divider.

В ходе разработки приёмника оптического диапазона появилась необходимость использования высоковольтного и компактного источника питания с близкой к прецизионному уровню точностью стабилизации и возможностью регулировки диапазона напряжений для питания лампы фотоэлектронного умножителя (далее именуемой как ФЭУ).

По причине отсутствия на рынке готовых источников питания с требуемыми параметрами, было принято решение разработать блок питания (далее именуемый как БП) на современной элементной базе, ввиду малых массогабаритных показателей для использования его в лабораторных и полевых условиях.

Для подачи питания и формирования напряжения для работы усиливающих динодов была разработана плата делителя напряжений. Смоделирован внешний вид макета для запуска лампы ФЭУ для проведения испытаний. Представлена структурная схема объединённого блока работы данного макета (далее именуемая как ОБ).

Блок Питания

Опираясь на техническую документацию лампы ФЭУ 84 [1] был выбран оптимальный диапазон питающих напряжений и номинальный ток. Исходя из этих данных, было принято решение разрабатывать БП по двухтактной схеме преобразования, ввиду отсутствия подмагничивания сердечника трансформатора, что позволяет значительно уменьшить его размеры.

В качестве контроллера двухтактного преобразователя была выбрана широко распространённая, доступная и хорошо себя зарекомендовавшая микросхема TL494 [2].

На встроенных в микросхему усилителях ошибки построена внешняя цепь обратной связи, осуществляющая подстройку выходного напряжения посредством ШИМ модуляции.

На основе данной микросхемы выполнен повышающий DC-DC преобразователь с 12 В до номинального выходного напряжения 1200 В при выходном токе в 5 мА.

Предусмотрена регулировка выходного напряжения в пределах 25 процентов от номинального значения в обе стороны, путём введения в цепь обратной связи подстроечного резистора.

Сформированный микросхемой TL494 сигнал поступает на драйверы, выполненные на маломощных транзисторах NPN структуры. Усиленный сигнал поступает на выходные ключи, в качестве которых применены мощные N канальные MOSFET транзисторы, подключенные к первичным обмоткам повышающего трансформатора.

На рисунке 1 осциллограмма поступающего сигнала на ключи MOSFET транзисторов с драйверов.

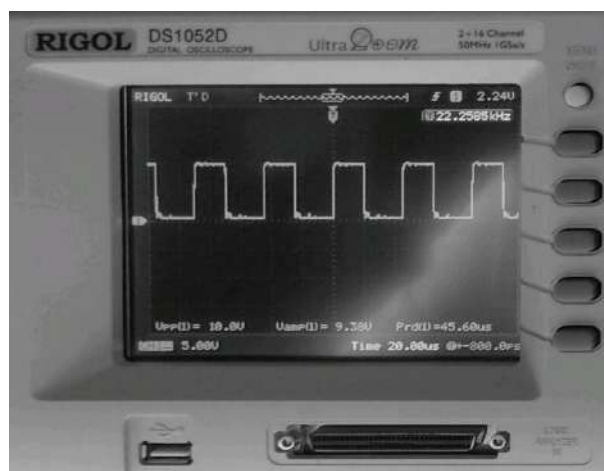
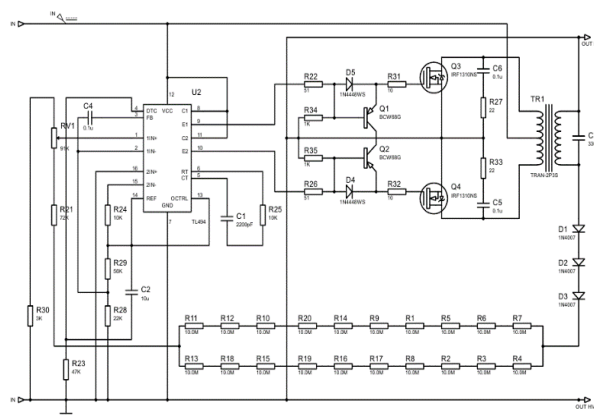


Рисунок 1 – Осциллограмма поступающего сигнала на ключи MOSFET транзисторов с драйверов

В качестве первичного источника в ходе лабораторных испытаний был использован блок питания со стабилизированным напряжением 12 В и током 500 мА. Для применения в полевых условиях целесообразно использовать литий-полимерные аккумуляторы:

- Ввиду их безопасности при перегреве, что снижает риск возгорания и взрыва.
- Длительного срока эксплуатации.
- Низкой скорости саморазряда.
- Высокой плотности энергии.

Принципиальная схема БП показана на рисунке 2, внешний вид печатной платы, смоделированной в программе Altium Designer показан на рисунке 3.



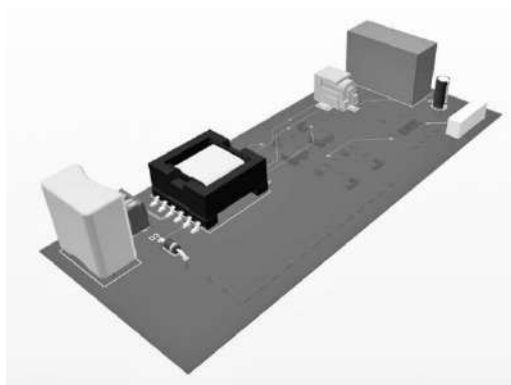


Рисунок 3 – Внешний вид печатной платы

Делитель напряжения

На основе технической документации [1], найденной в сети интернет, была реализована схема делителя напряжений.

Схема представляет собой простой резистивный делитель, на котором формируются напряжения для работы модулятора и усиливающих динодов. Схема была преобразована в печатную плату в программе Altium Designer, т.к. в данной программе есть весь необходимый инструментарий для создания печатных плат.

Ввиду стремления к компактности и минимизации размера будущей конструкции приёмника. Элементы для работы схемы выбраны в SMD исполнении. На рисунке 4 представлена принципиальная схема делителя напряжения лампы ФЭУ, на рисунке 5 и рисунке 6 представлен внешний вид (спереди и сзади) печатной платы в программе Altium Designer.

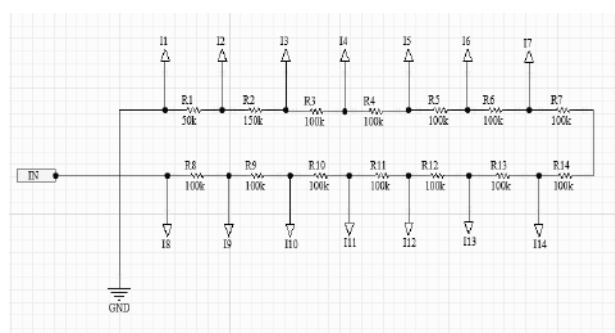


Рисунок 4 – Принципиальная схема делителя напряжения лампы ФЭУ

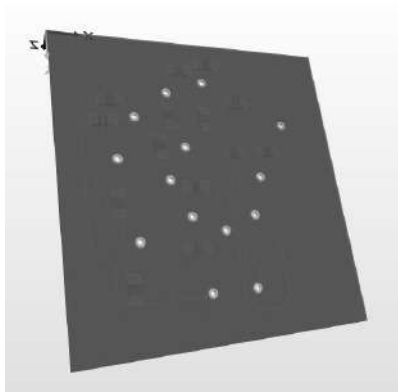


Рисунок 5 – Внешний вид спереди печатной платы в программе Altium Designer

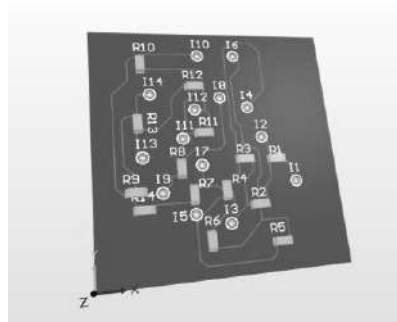


Рисунок 6 – Внешний вид сзади печатной платы
в программе Altium Designer

Сборочный макет

Для дальнейшего воплощения приёмника в физическом виде было принято решение промоделировать внешний вид макета исходя из ранее разработанных частей блока. Принимая в расчёт высокую чувствительность лампы [3] стало необходимым ограничение светового потока, поступающего во входное окно. Для этого сверху макета была установлена дополнительная крепёжная пластина, в которую будет вставляться диафрагма. Сама лампа установлена разъёмами на плате делителя для лучшего контакта. Собрано всё будет путём объединения частей в монолитную конструкцию посредством закрепления их жёсткими штифтами и дополнительной фиксации их на местах гайками. На рисунке 7 представлен внешний вид макета, смоделированный в программе AutoCAD.



Рисунок 7 – Внешний вид макета, смоделированный
в программе AutoCAD

Структурная схема работы объединённого блока

На рисунке 8 представлена структурная схема работы ОБ макета, состоящего из внутреннего строения БП, платы делителя, ФЭУ и диафрагмы.

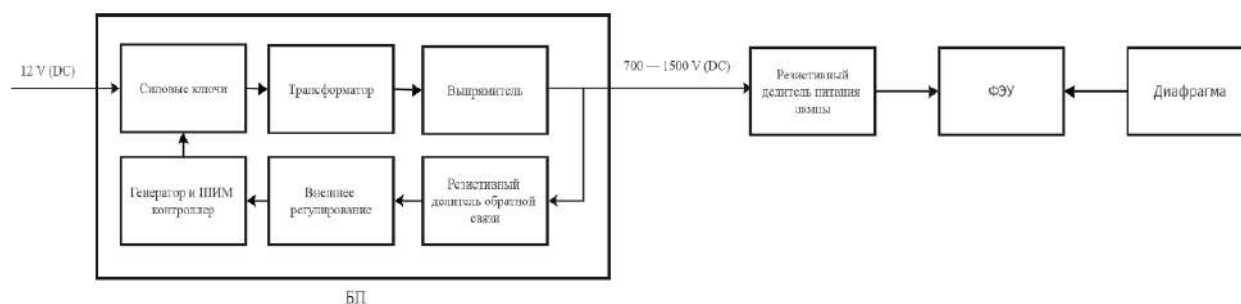


Рисунок 8 – Структурная схема работы ОБ макета

На БП поступают постоянные стабилизированные 12В с внешнего источника напряжения. После чего преобразуются в стабильное регулируемое постоянное напряжение в диапазоне от 700В до 1.5 кВ. После чего подаётся на плату резистивного делителя питания ФЭУ, приходящее питание запускает лампу и систему усилительных динодов в режим, выставленный с помощью заранее заданных сопротивлений на делителе. После запуска лампы и вхождения её в режим при наличии оптического сигнала, подключив осциллограф к выводам мы сможем снять выходной сигнал, регистрируемый лампой. В некоторой степени неприятной особенностью ФЭУ является высокая чувствительность, вследствие чего и повышенная зашумлённость. Ввиду данной специфики, решением стала установка диафрагмы, для вынужденной подстройки оптимально принимаемого оптического сигнала, но с регулируемыми затуханиями, что не станет проблемой, т.к. ранее было сказано, что ФЭУ имеет высокую чувствительность принимаемого сигнала.

Таким образом, разработан высоковольтный, стабилизированный, компактный БП для ФЭУ. Проведены первичные лабораторные испытания, в ходе которых возможны дальнейшие модернизации схемы для повышения её КПД, для выделения лучших ТТХ устройства. Спроектирована плата делителя напряжения, для работы ФЭУ. Смоделирован сборочный макет, который необходим для фрезеровки и сборки готового образца перехода к проведению физических испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт технической документация к электронным компонентам / Лампа ФЭУ-84 (Фотоэлектронный умножитель) [Электронный ресурс]. - <https://rudatasheet.ru/tubes/feu-84/?ysclid=m9pzz43orpj420630904> (дата обращения: 20.04.2025).
2. Семенов Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. / Б. Ю. Семенов – М.: СОЛОН-пресс, 2005. – 416 с.
3. Соболева Н.А. Фотоэлектронные приборы учеб. пособие / Н. А. Соболева, А. Е. Меламид. – М. : Высш. шк., 1974. – 376 с. ил.

Михайлик Глеб Романович

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет (г. Севастополь, Россия)

Студент кафедры радиоэлектроники и телекоммуникаций

E-mail: kilogerts.20@mail.ru

УДК 621.311

*Научный руководитель:
Маматов Александр Васильевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

И.О. МОРСАКОВ
I.O. MORSAKOV

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ВЛ 110 КВ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF THE STRUCTURAL SCHEME OF PROTECTION OF THE 110 KV OVERHEAD LINE

В данной статье рассматривается аппаратная надежность защит объектов электрической сети, а именно воздушные линии 110 кВ, которые являются вводными для исследуемой цифровой ПС (ЦПС).

Ключевые слова: цифровая подстанция (ЦПС), релейная защита и автоматика, надежность системы, схема управления.

In this article, the hardware reliability of the protection of electrical networks, namely 110 kV lines, which are input to the inclusion of a digital substation (DSP).

Keywords: digital substation (DSP), relay protection and automation, system reliability, control circuit.

В основе структуры ЦПС лежит программно-технический комплекс ISAS, который предназначен для единого выполнения функций РЗА, ПА, ОМП, АСУ ТП, коммерческого учета и др.

В основе проводимого анализа будут лежать блок-схемы надежности и дерево отказов. Для упрощения вычислений выводятся за рамки проводимого количественного анализа все аналоговые компоненты.

Система состоит из элементов:

- УСШ (устройств сопряжения с шиной процесса)
- Коммутаторов
- Серверов
- Серверов точного времени
- Оптических кабелей связи

Защита ВЛ 110 кВ состоит из основной и резервной защиты, построенных на различных принципах.

Основная защита линии 110 кВ – дифференциальная защита, для которой нужно иметь измерительный орган на удаленных концах ВЛ, а также коммуникационный канал для передачи измеренных значений.

Измерительный орган за рамки проводимого анализа выводится, полагая его готовность равной единице. Синхронизация «внутри» исследуемой подстанции должна обязательно учитываться. Резервная защита линии 110 кВ – дистанционная 3-х ступенчатая защита. Алгоритм расчета требует значения только «местных» токов и напряжений. Следовательно, все необходимые измерения могут быть выполнены с помощью одного УСШ.

Данные о параметрах в линии поступают от аналоговых трансформаторов тока и напряжения, через устройство сопряжения с шиной процесса, которое представляет собой аналого-цифровой и дискретно-цифровой преобразователь.

В рассматриваемом варианте каждое УСШ используется для выполнения отдельно основной и резервной защит. Далее с помощью коммутаторов происходит коммутация собранных значений, а потом с помощью сервера точного времени данным присваивается своя метка времени.

Затем информация поступает на сервер iSAS, где эти данные используются для осуществления запрограммированных алгоритмов.

Некоторые элементы реальных систем защиты лежат вне рамок проводимого анализа (или же являются элементами с «абсолютной» надежностью и оперативной готовностью). Такими элементами являются: измерительные трансформаторы тока и напряжения, вторичные аналоговые цепи по току и напряжению, вторичные аналоговые цепи для управления РУ и сбора данных, а также любые элементы защиты, рассматриваемые вне периметра рассматриваемой подстанции.

При аварийном процессе поступает сигнал УСШ, который за счет своих дискретных выходов подает сигнал на управляющий орган коммутационного аппарата.

Структурная схема защиты ВЛ 110 кВ в децентрализованной схеме показана ниже на рис. 1. Элементы, вынесенные за рамки анализа аппаратной надежности, выделены пунктирными линиями.

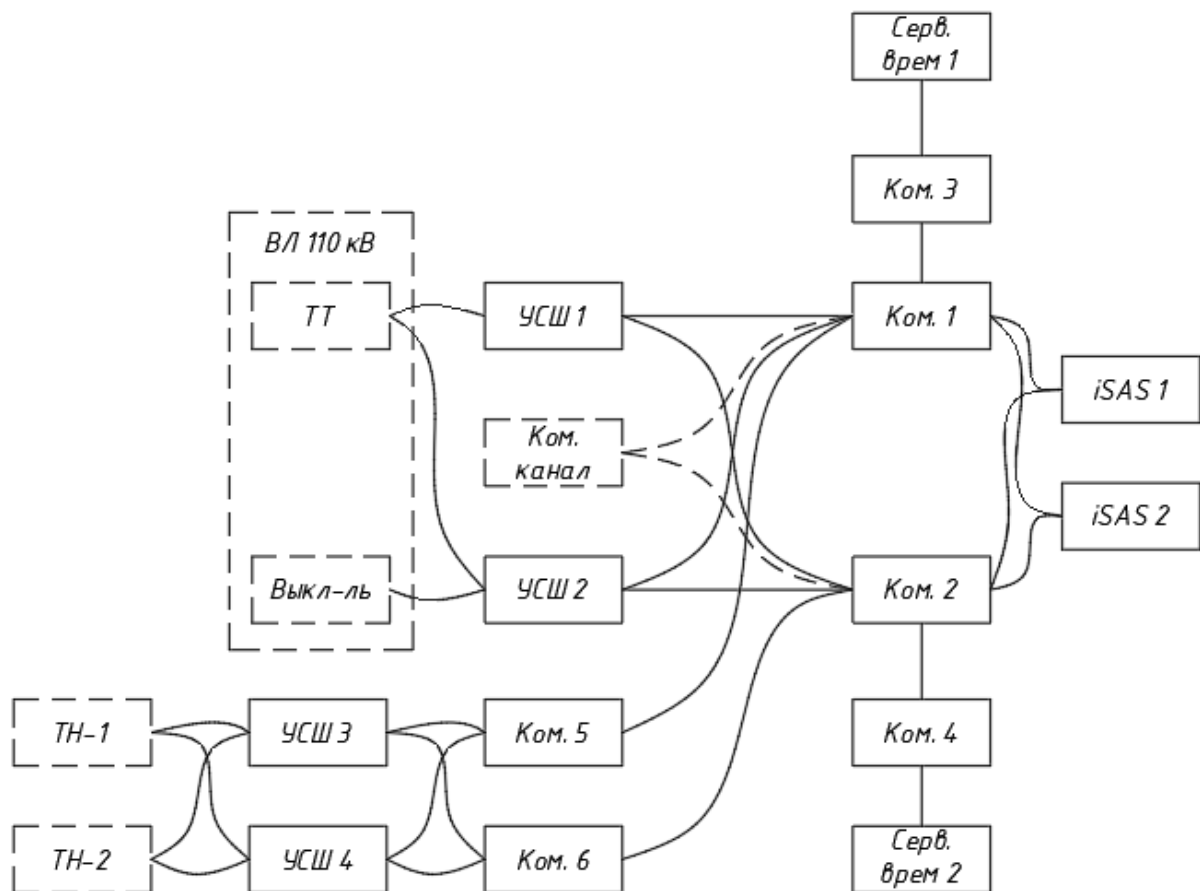


Рисунок 1 – Структурная схема защиты ВЛ 110 кВ в децентрализованной схеме

Данную структурную схему можно разбить на блоки, которые соответствуют текущему этапу обработки данных. Эквивалентная блок-диаграмма надежности показана на рис. 2.

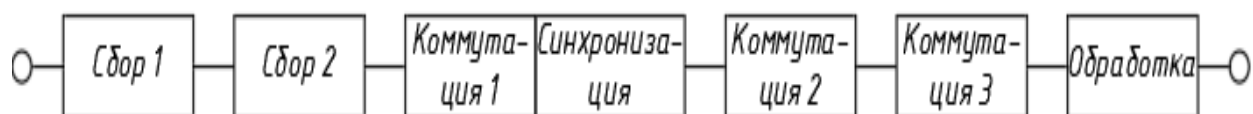


Рисунок 2 – Эквивалентная диаграмма надежности системы защиты ВЛ 110 кВ.

Рассматривая подробно каждый этап, можно составить дерево событий.

Наименование этапа и диаграмма представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Блок-диаграммы надежности

Наименование	Диаграмма
Сбор 1 (Сбор 2 – только для резервной защиты)	
Коммутация+ Синхронизация (блок основной защиты)	
Коммутация 2 (блок резервной защиты)	
Коммутация 3 (блок резервной защиты)	
Обработка	

Для нахождения суммарной надежности системы необходимо рассматривать отдельный этап и соответствующую блок-диаграмму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичёв С.И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий / С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин. М.: Издательский дом «Спектр», 2014. 228 с.
2. Китушин, В.Г. Надежность энергетических систем / В.Г. Китушин. - М.: Высш. шк., 1984. - 256 с.

3. Стандарт организации "Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС" от 26.02.2020 № СТО 56947007- 29.240.10.299-2020 // Россети. – 2020 г. – № 1

4. Ю.И. Моржин, д.т.н., С.Г. Попов, к.т.н. «Цифровая подстанция» – концепция, технология внедрения. Создание опытного полигона «Цифровая подстанция ЕНЭС» // Энергия единой сети. - М.: 2012. - С. 24-50.

5. Надежность цифровых решений в электроэнергетике // <https://eepir.ru/> URL: <https://eepir.ru/article/nadezhnost-cifrovyyh-reshenij-v-nbsp-elektroenergetike/> (дата обращения: 22.09.2023).

6. Цифровизация технологического присоединения: внешние и внутренние процессы // <https://eepir.ru> URL: <https://eepir.ru/article/cifrovizaciya-tehnologicheskogo-prisoedineniya-vneshnie-i-vnutrennie-processy/> (дата обращения: 24.11.2023).

7. Шевцов М. В. Передача дискретных сигналов между УРЗА по цифровым каналам связи Релейщик; 2009. № 1. 237 с.

Морсаков Илья Олегович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 3122bel@mail.ru

УДК 621.396.94

Научный руководитель:
Белов Сергей Павлович,
 профессор кафедры информационно-
 телекоммуникационных систем технологий,
 НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

A.O. OPEXOV
 A.O. OREKHOV

СПОСОБ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТЕОРНОГО КАНАЛА СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ЕГО МОДЕЛИ METHOD FOR INITIAL EVALUATION OF CHARACTERISTICS OF A METEOR BURST COMMUNICATION CHANNEL BASED ON ITS MODEL

В статье предложен способ получения приближенных характеристик сформировавшегося канала метеорной связи путем сравнения эмпирических данных с моделью метеорного канала связи. Применение такого способа обуславливается возможностью приема радиоволн, отраженных от метеорного следа, со стороны передатчика. Понимание характеристик, таких как соотношение сигнал/шум и скорость его затухания, а также оперативная их оценка, открывает возможность более точно применять многопозиционную модуляцию для увеличения объема передаваемой информации. Актуальность данного исследования определяет задача развития удаленного взаимодействия между абонентами в арктических широтах, поставленная правительством Российской Федерации.

Ключевые слова: инфокоммуникационная система метеорной связи, многопозиционная модуляция, коэффициент использования метеорного канала, предварительная оценка канала связи.

The article proposes a method for obtaining approximate characteristics of the formed meteor communication channel by comparing empirical data with a model of the meteor communication channel. The use of this method is due to the possibility of receiving radio waves reflected from the meteor trail from the transmitter. Understanding characteristics such as the signal/noise ratio and its attenuation rate, as well as their prompt assessment, opens up the possibility of more accurately applying multi-position modulation to increase the volume of transmitted information. The relevance of this study is determined by the task of developing remote interaction between subscribers in the Arctic latitudes, set by the Government of the Russian Federation.

Keywords: meteor-burst communication system, multi-position modulation, meteor channel utilization factor, preliminary channel estimation.

Метеорный канал связи. Оценка его характеристик

Эффективность использования канала метеорной связи напрямую зависит от выбора протоколов передачи и их особенностей. Поиск оптимальных параметров протокола передачи, особенно в случае метеорной связи, является трудоемкой задачей, сопряженной со значительными вычислительными и временными затратами. Так как максимальная электронная плотность существует в момент возникновения канала связи и со временем затухает, вопрос передачи большего количества информации в начальный момент является актуальным. В работе предлагается оценить характеристики канала в момент возникновения на передающей стороне и подобрать настройки модуляции с учетом теоремы Шеннона.

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right), \quad (1)$$

где C – количество информации, B – ширина полосы пропускания, S – уровень сигнала, N – уровень шума. Мощность приёмника $P_R(t)$ после рассеяния на ненасыщенных трассах на частотах, используемых на практике:

$$P_R(t) = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2 \sigma a_1 a_2(t) a_2(t_0) a_3}{64\pi^3 R_1^2 R_2^2}, \quad (2)$$

где λ – длина волны, σ – площадь метеорного следа, a_1 – коэффициент потерь из-за конечного начального радиуса следа, a_2 – коэффициент потерь из-за диффузии следа, a_3 – коэффициент потерь из-за ионосферного поглощения, T – время в секундах, измеренное от момента полного формирования первой зоны Френеля, t_0 – половина времени, необходимое метеору для прохождения первой зоны Френеля, P_T – мощность передатчика, P_R – чувствительность приемника, G_T – усиление передающей антенны относительно изотропной антенны в свободном пространстве, G_R – усиление приемной антенны относительно изотропной антенны в свободном пространстве, (предполагается отсутствие потерь в тракте питателя), R_1, R_2 – расстояния между антеннами и метеорным следом.

$$a_2(t) = A_0 e^{\frac{-t}{\tau}}, \quad (3)$$

где T – время, прошедшее с момента образования следа, A_0 – амплитуда сигнала в момент $t = 0$ (максимум), τ – характерное время затухания.

Подставив (2) в (1) учитывая экспоненциальное затухание со временем (3), можно определить, что наибольшее количество информации можно передать через метеорный канал в начальный момент времени. Учитывая принцип работы действующих систем, когда базовая станция в полудуплексном режиме постоянно отправляет несколько кадров и ожидает обратную связь от приемника, и только после получения ответа от приемника оценивает параметры канала, предлагается иной подход определению параметров канала метеорной связи. Благодаря физической особенности данного канала отражать радиоволну в том числе и в сторону передатчика, практически сразу после возникновения канала связи на стороне передатчика существует возможность оценить параметры канала и подобрать оптимальную сигнально-кодую конструкцию с точки зрения максимизации количества передаваемой информации с учетом требований достоверности приема.

Определить появление ненасыщенного метеорного следа можно по нескольким значениям отсчетов, полученным на передающей стороне, в общем случае удовлетворяющим упрощенной теоретической модели метеорного канала:

$$\alpha_2(t_n) = m \cdot \alpha_2(t_{n-1}) \times e^{-t_n/\tau}, \quad (4)$$

где m – некоторый пороговый коэффициент, вычисляемый для каждой конкретной системы метеорной связи. Применяв формулу (3), можно оценить величину τ для конкретного метеорного следа по двум измеренным спустя определенный интервал времени значениям $\alpha_2(t)$ и $\alpha_2(t_n)$.

Особый интерес представляет вычисление порогового коэффициента m , так как именно он определяет степень близости эмпирически полученных значений и модели канала, а основе которой задается кодирование. Речь идёт о том, чтобы получить некоторую функцию, которая была бы похожа на исходную, то есть соотношение, позволяющее осуществить вычисления оценок значений неизвестной функции. При построении таких аппроксимаций основное внимание уделяется достижению некоторой близости к неизвестной функции, относительно которой делаются наиболее общие предположения. Параметры выбираются таким образом, чтобы в соответствии с некоторой мерой близости подобрать параметры функции. Если это достигается, то можно вычислить оценку значения функции при любом значении аргумента.

$$\left\| \hat{f}(t_i) - U_i \right\|^2 = \min, \quad (5)$$

где U_i – эмпирические данные.

Принцип заключается в том, что относительно зарегистрированных точек должна минимизироваться некоторая мера близости. Получение на основе имеющихся результатов регистрации значений характеризующего исследуемый процесс параметра математических соотношений, позволяющих по независимой переменной вычислить функцию, будем называть построением функций по эмпирическим данным. Получаемые коэффициенты будем рассматривать лишь в качестве модели, адекватной задаче, как прогнозирование с допустимой погрешностью.

Следует выделить важную особенность анализа и построения функций по эмпирическим данным. Она связана с процедурами их регистрации, так как приборы часто вносят искажения за счёт неизбежных воздействий на регистрируемые данные.

Сюда, прежде всего, следует отнести случайные воздействия, возникающие вследствие того, что-либо технические средства приборов обладают собственными неконтролируемыми шумами, обусловленными флюктуациями в аппаратуре токов или напряжений, либо имеют иное происхождение.

В общем случае целесообразно уменьшать влияние случайных погрешностей регистрации эмпирических данных на результаты их использования при анализе и построении функций. В частности, в необходимых случаях следует применять специальную обработку, которую принято называть фильтрацией шумов. Отметим, что в некоторых случаях имеется возможность такой реализации процедур обработки эмпирических данных, которая учитывает различие в свойствах шумов и «информационных» данных.

Таким образом, возникает необходимость компенсации воздействий на эмпирические данные регистрирующих приборов, что принято называть восстановлением.

Проблема анализа и построения функций по эмпирическим данным постоянно находится в центре внимания в течение уже нескольких столетий. Особенно интенсивно она исследуется в связи с развитием аппаратных средств регистрации и обработки эмпирических данных, особенно цифровой компьютерной техники, что сделало доступным реализацию алгоритмов практически любой сложности.

Речь идёт о том, чтобы получить некоторую функцию, которая была бы похожа на исходную, то есть соотношение, позволяющее осуществить вычисления оценок значений неизвестной функции. При построении таких аппроксимаций основное внимание уделяется достижению некоторой близости к неизвестной функции, относительно которой делаются наиболее общие предположения.

Параметры симуляции

Моделирование процессов передачи данных по каналам метеорной связи, а также подсчет вероятного количества ошибок производились в среде MATLAB. Для определения преимуществ и возможности повышения эффективности использования метеорного канала на основе предварительной оценки его характеристик можно зафиксировать некоторые параметры модели канала.

Для проведения сравнительной оценки способов передачи определим высоту возникновения следа установим в 90 км, мощность передатчика примем из существующих портативных систем, например, BLOSSOM – 650Вт. Расстояние передачи, в контексте проводимого исследования, зафиксируем 1200 км. Базовая скорость передачи 2.4 Кбод/сек. Для использования в модели канала метеорной связи выберем мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов. Ширина полосы пропускания с защитными интервалами 35 МГц выровнена и находится в интервале от 52,5 до 87,5 МГц. Виды многопозиционной модуляции – BPSK, QPSK. Более емкие виды модуляции не могут обеспечить достаточное соотношение сигнал/шум в заданных условиях. Размеры кадров

заданы 280, 140, 70, 35 и 24 бод. Задержка в 0,03 секунды введена как время для оценки параметров канала связи и переключения оборудования в режим передачи. Значение получено из описания популярного SDR приемопередатчика (RTL-SDR V3 PRO) и может быть уменьшено за счет применения более узконаправленного оборудования. Пороговое значение, при котором кадр считался принятым с вероятностью ошибки в одном бите (BER) $1e10^5$.

Результаты проведения симуляций

Для каждого вида многопозиционной модуляции и для каждого размера кадра была проведена одна тысяча симуляций и получены данные, которые внесены в таблицу 1. Следует отметить, как правило, после применения предварительной оценки вероятного уровня сигнала в канале, становилось доступным применение многопозиционной модуляции с большим уровнем кодирования как минимум для первого фрейма, что позволяет увеличить коэффициент использования канала. Результаты симуляций показывают, что при длине кадра 70 бод и более целесообразно использовать метод предварительной оценки канала связи (рис. 1). Увеличение коэффициента использования канала при высоких длинах кадра может достигать 20%.

Таблица 1 – Оценка количества полученных бит за время существования метеорного следа с применением предварительной оценки и без нее

	Символов / кадр	Кадров / след	Бит/след синхронизация без потерь	Бит/след с потерей первого пакета	Потери полудуплекс	Кадров/след с задержкой 0,03с	Предв. оценка канала бит/след	Предв. оценка канала потери
BPSK	280	4,46	1230,17	954,2	22,4%	4,23	1154,48	6,2%
	140	8,91	1212,34	1076,3	11,2%	8,50	1143	5,7%
	70	17,83	1176,68	1110,7	5,6%	17,10	1115,6	5,2%
	35	35,66	1105,37	1074,4	2,8%	33,60	1028,6	6,9%
	24	52,00	1040	1020,0	1,9%	49,00	7	7,0%
QPSK	280	4,46	2460,34	1920,3	21,9%	4,37	2399,24	2,5%
	140	8,91	2424,686	2151	11,3%	8,70	2353,4	2,9%
	70	17,83	2353,37	2220,9	5,6%	17,10	2244,2	4,6%
	35	35,66	2210,74	2146,2	2,9%	34,60	2132,2	3,6%
	24	52,00	2080	2043	1,8%	50,20	1995	4,1%

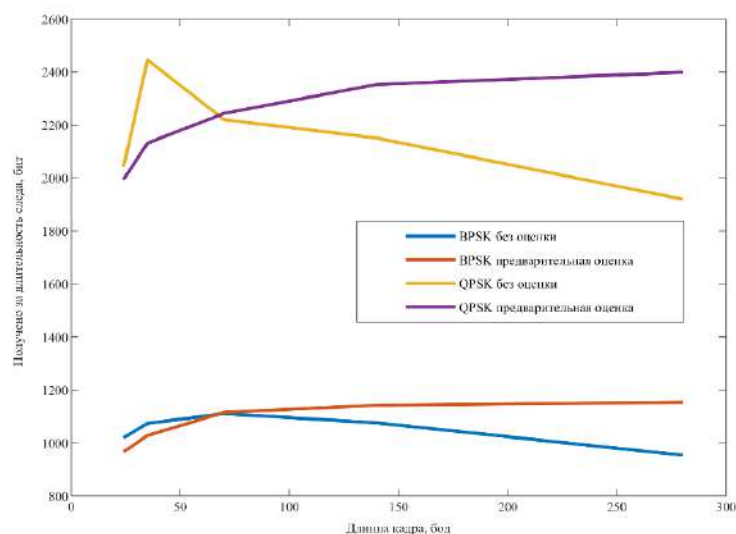


Рисунок 1 – Количество полученных бит за время существования метеорного следа с применением предварительной оценки и без нее

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боковое распространение радиоволн на коротких метеорных радиотрассах / Т. Асири, А. В. Карпов, А. И. Кодиров, Д. Латипов, В. И. Попов, Л. Н. Рубцов, М. Шарипов – Текст : непосредственный // Известия вузов. Радиофизика. Т. 32. № 7. 1989. с. 912–913.
2. Белокопытов, А. Е. Выбор эффективного вида цифровой модуляции в системах радиосвязи по критериям эффективности / А. Е. Белокопытов – Текст : непосредственный // Научный альманах. № 11-3(13). 2015. с. 35–38. DOI:10.17117/na.2015.11.03.035
3. Белькович, О. И. Вычисление распределения метеорных радиантов по наблюдениям на одной радиолокационной станции с угломером / О. И. Белькович, В. В. Сидоров, Т. К. Филимонова – Текст : непосредственный // Астрономический Вестник. Т. 25. № 2. 1991. с. 225–232.
4. Теория передачи сигналов / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, М. В. Назаров, Л. М. Финк Филимонова – Текст : непосредственный // Изд. 2, перераб. и дополн. Москва: Радио и связь. 1986. 304 с.
5. Капралов, Д. Д. Стохастическая модель метеорного радиоканала / Д. Д. Капралов, Д. И. Кирик – Текст : непосредственный // Труды учебных заведений связи. Т. 4. № 3. DOI:10.31854/1813-324X-2018-4-3-54-64 2018. с. 54–64.
6. Карпов, А. В. Метеорная генерация секретных ключей шифрования для защиты открытых каналов связи / А. В. Карпов, В. В. Сидоров, А. И. Сулимов – Текст : непосредственный // Информационные технологии и вычислительные системы. № 3. 2008. с. 45–54
7. Мирошников, В. И. Основные направления развития метеорной связи / В. И. Мирошников, П. А. Будко, Г. А. Жуков – Текст : непосредственный // Научные технологии в космических исследованиях Земли. Т. 11. № 4. doi: 10.24411/2409-5419-2018-10277 2019. с. 30–47.
8. Территориально распределенный стенд ПАО «Интелтех» и новые возможности проведения НИР и ОКР по созданию перспективных комплексов связи / Ю. Л. Николашин, В. И. Мирошников, П. А. Будко, Г. А. Жуков – Текст : непосредственный // Морская радиоэлектроника. № 3. 2016. с. 50–55.
9. Российская Федерация. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. N 645 Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации до 2020 года. – Текст : электронный // URL: https://minec.gov-murman.ru/activities/strat_plan/arkticzone/ (дата обращения 09.01.2024).
10. Ротхаммель, К. Энциклопедия антенн / К. Ротхаммель, А. Кришке – Текст : непосредственный // пер с нем. М.: ДМК «Пресс». 2011. 812 с.
11. Титков, С. Б. Технические предложения по использованию метеорной связи / С. Б. Титков – Текст : непосредственный // Защита информации. Инсайд. № 3. 2006. с. 74–80.

Орехов Андрей Олегович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

E-mail: orekhovip@yandex.ru

УДК 62-526

*Научный руководитель:
Шеметова Ольга Михайловна,
ассистент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

А.А. ПАХОЛЮК, М.Е. МАМАТОВ, О.Г. ХУДАСОВА
A.A. PAKHOLYUK, M.E. MAMATOV, O.G. KHUDASOVA

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

MODELING OF THE CONTROL SYSTEM OF A ROBOTIC MOBILE COMPLEX

Статья посвящена применению наземных роботизированных платформ, оснащенных разнообразными датчиками, включая радары, для проведения измерений в зонах затоплений, разработки полезных ископаемых, спасательных операций и военных действий. Основное внимание уделено использованию мобильных роботов, позволяющих минимизировать риски для жизни людей. Рассматривается проблема поддержания подвижности роботизированных комплексов, требующая тщательного моделирования. Для моделирования выбрана программа Simulink, широко используемая в инженерии благодаря удобному интерфейсу и возможностям создания блок-схем. Описывается структура системы управления мобильным роботом, включающая контроллер, сам робот и эмулятор рабочей области. Детально рассматривается блок управления двигателем, представляющий ключевую часть системы управления, обеспечивающую точное регулирование скорости и направления вращения двигателя.

Ключевые слова: Simulink, роботизированные платформы, моделирование, управление моделью.

The article is devoted to the application of ground-based robotic platforms equipped with various sensors, including radars, for conducting measurements in flood zones, mining operations, rescue missions, and military actions. The main focus is on the use of mobile robots that allow minimizing risks to human life. The problem of maintaining mobility of robotic systems, which requires careful modeling, is addressed. For simulation purposes, the widely used engineering software Simulink was chosen due to its user-friendly interface and block diagram creation capabilities. The structure of the mobile robot control system, consisting of a controller, the robot itself, and an emulator of the working environment, is described. Particular attention is paid to the motor control unit, which represents a critical part of the control system responsible for precise regulation of engine speed and rotation direction.

Keywords: Simulink, robotic platforms, simulation, model control.

Применяемые в настоящее время наземные роботизированные платформы, оснащены широким спектром датчиков, включая радарные системы [1]. Они проводят панорамные измерения характеристик затопляемых зон, применяются при разработке, добыче полезных ископаемых, проведении спасательных и военных операции [2]. При непосредственном участии человека в подобных работах, возрастает вероятность его гибели, а использование мобильных роботов позволяют снизить риск для жизни человека. Главной проблемой при разработке беспилотных машин является поддержание ее подвижности [3]. Подвижность включает в себя способность машины выполнять поставленную задачу с оптимальной адаптивностью к условиям эксплуатации и состоянию самого роботизированного мобильного комплекса, в связи с этим необходимо произвести его моделирование [4-5]. В качестве программы для моделирования был выбран Simulink, т.к. он представляет собой программный инструмент для моделирования, симуляции и анализа динамических систем. Основанный на концепции блок-схем, он предлагает удобный графический интерфейс для создания моделей. Simulink активно используется в различных инженерных сферах, включая автоматизацию, робототехнику, аэрокосмическую и автомобильную промышленность. Общий вид системы управления моделью мобильного

роботизированного комплекса изображён на рисунке 1. Она включает несколько ключевых элементов: контроллер (Controller), сам робот (Robot) и устройство для эмуляции рабочей зоны (Emulation board). Контроллер принимает сигналы от операционной системы через шину X20 и передаёт их дальше роботу посредством шин X21 и X22. Робот, получив команду, осуществляет её выполнение, используя необходимые данные из своей внутренней памяти (Memory), и при необходимости отправляет результаты обработки обратно контроллеру. Устройство для эмуляции помогает имитировать условия работы, предоставляя сведения о текущих параметрах робота и внешней среде. Далее рассмотрим подробнее каждый компонент этой системы управления.

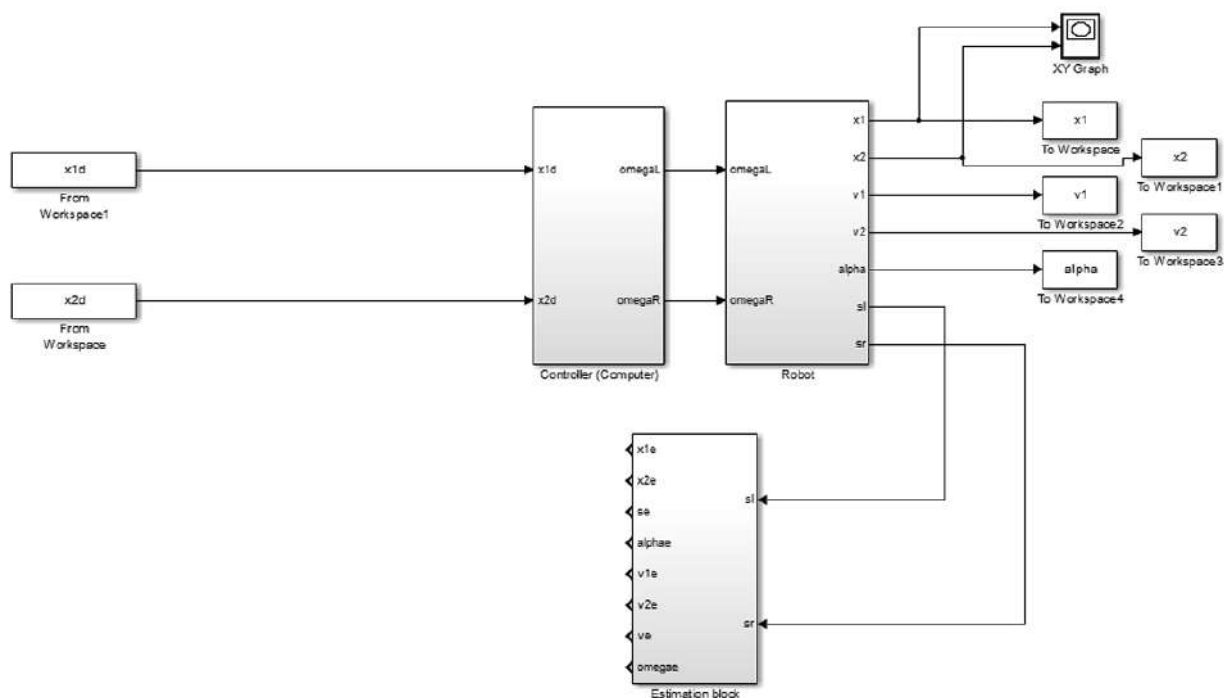


Рисунок 1 – Схема управления моделью мобильного роботизированного комплекса

На рисунке 2 представлена структурная схема узла управления двигателем. Данный узел входит в систему управления роботом и служит для настройки частоты вращения вала двигателя.

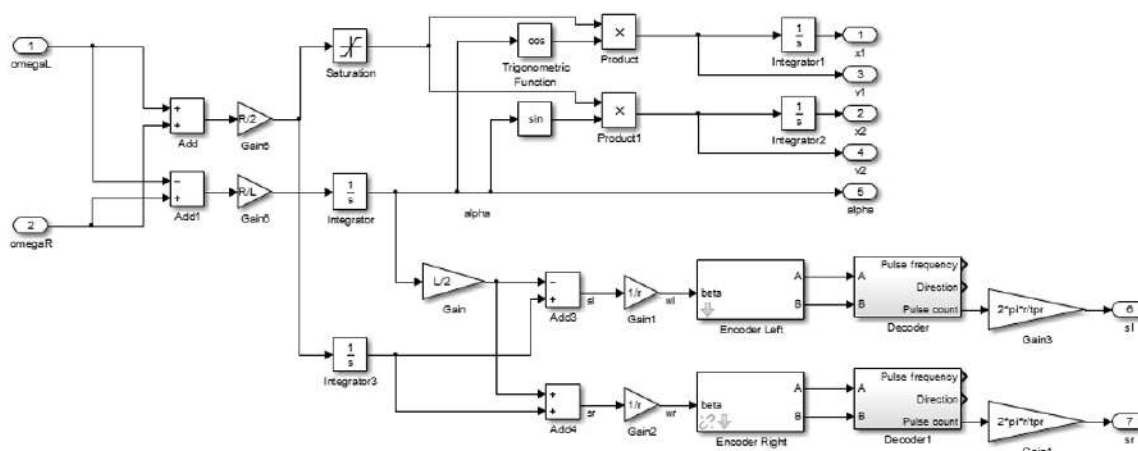


Рисунок 2 – Схема объекта управления

Структурная схема управления двигателем постоянного тока является центральным звеном в системах управления роботизированными устройствами, обеспечивая контроль над частотой вращения мотора. В состав данной схемы входят такие элементы, как

интегрирующие блоки, сенсоры положения, силовые усилители и прочие электронные узлы, взаимодействующие друг с другом для обеспечения высокоточного контроля скорости и направления вращения двигателя. Среди основных функциональных блоков выделяются следующие:

1. *Интегратор*: этот модуль обрабатывает поступающий сигнал, часто представляющий ошибку от PID-регулятора, суммируя накопленные значения ошибок, что обеспечивает мягкую адаптацию скорости двигателя при переходе между разными режимами работы.

2. *Усилитель мощности*: усиливает выходной сигнал до уровней, необходимых для эффективного управления двигателем. Так как изначальные сигналы от интегратора имеют низкую мощность, этот этап усиления критически важен для непосредственной активации электродвигателя.

3. *Датчики положения*: эти устройства измеряют текущее положение вала двигателя, позволяя системе управления оценить текущую скорость и положение двигателя относительно заданного значения. В данной схеме используются два типа датчиков: энкодеры слева и справа.

4. *ПИД-регулятор*: основной элемент управления, который сравнивает заданное значение с реальным значением и генерирует управляющий сигнал на основе этой разницы. Входные данные для ПИД-регулятора включают задание, обратную связь от датчиков положения и сигнал ошибки от интегратора.

5. *Компаратор*: определяет направление перемещения двигателя.

6. *Блоки питания*: обеспечивают энергией различные части схемы, включая двигатель и цифровые логические элементы.

Блок оценки на рисунке 3 выполнен в виде многополюсника, который содержит несколько функциональных узлов. Здесь можно увидеть узел "Магнитуда" и узел "Значение".

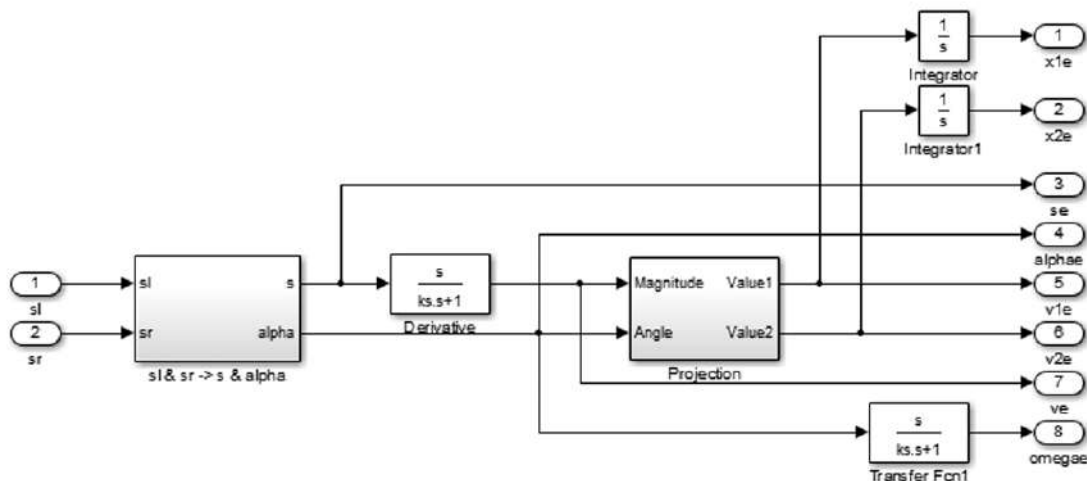


Рисунок 3 – Схема оценки положения робот

Магнитуда – это функция, принимающая входные сигналы от инерционного сумматора («Derivative») и передающего фильтра («Transfer Fcn1»), после чего она преобразует их в значение, которое может использоваться на дальнейших стадиях обработки сигналов. Полученный результат, скорее всего, подвергается дополнительной обработке модулем «Projection», где выполняются необходимые трансформации для получения конечного выходного сигнала.

На рисунке 4 представлена структура процесса декодирования. Входные данные последовательно проходят ряд операций, пока не достигнут модуля Math Function. Важную роль в схеме играет блок под названием «Bias», который, предположительно, добавляет или вычитает постоянное значение из обрабатываемых данных.

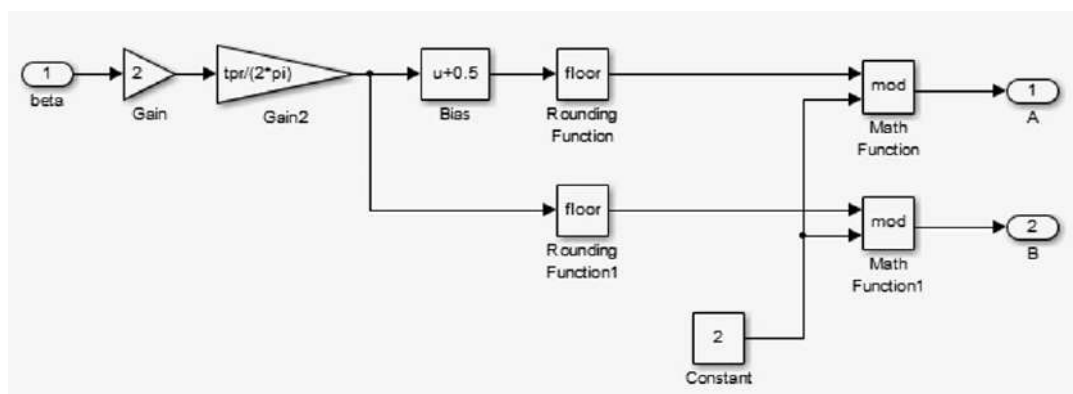


Рисунок 4 – Схема энкодера

Эта процедура позволяет корректировать начальные параметры или компенсировать возможные расхождения в исходных данных. Сначала входная информация умножается на коэффициент «Gain», что может привести к изменению их амплитуды. Затем выполняется операция «truncate(2^{π})», отсекающая дробную часть числа. Далее применяется смещение «Bias», смещающее положение данных относительно нулевой точки. После этого осуществляется округление значений функцией «Round». Обработанная таким образом информация передается в модули Math Function A и Math Function B, где, возможно, проводятся специализированные математические вычисления. Такой алгоритм отражает типичный порядок действий, используемый в декодирующих устройствах для подготовки данных к последующему анализу или применению.

На рисунке 5 показана схема декодирующего устройства. Декодер предназначен для приема зашифрованных данных и восстановления их первоначального вида.

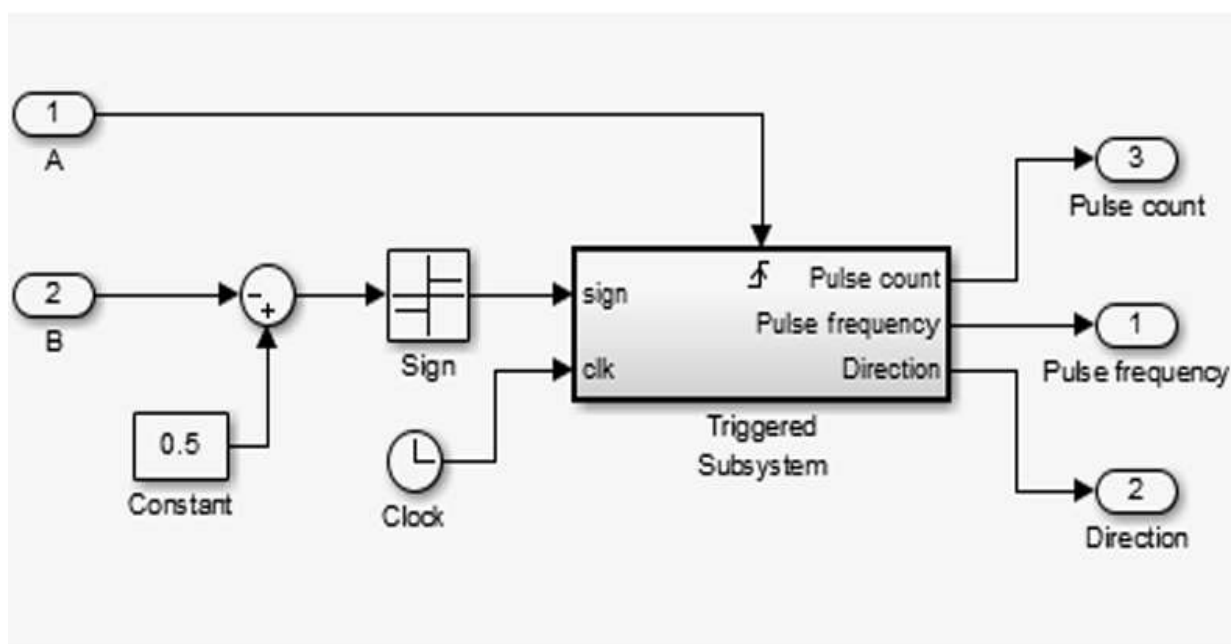


Рисунок 5 – Схема декодера

Основные элементы схемы представлены следующим образом:

1. Источник данных (Data Source) – служит для подачи закодированного сигнала на вход системы.
2. Фильтр (Filter) – выполняет фильтрацию сигнала, потенциально устраняя нежелательные частотные компоненты.
3. Регистр сдвига (Shift Register) – сохраняет и поэтапно выдает битовые последовательности для последующего анализа.

4. Детектор направления (Direction Detector) – определяет направление передачи данных на основе порядка следования битов.

5. Запускаемая подсистема (Triggered Subsystem) – координирует работу регистра сдвига и детектора направления.

6. Блок декодирования (Decoder Block) – отвечает за восстановление исходных данных из выходных последовательностей регистра сдвига.

Данная архитектура иллюстрирует стандартную структуру декодеров, используемых для извлечения данных из закодированных сигналов. Использование Simulink для тестирования и улучшения характеристик мобильных роботизированных комплексов позволяет исследовать разнообразные эксплуатационные сценарии. Смоделированные процессы способствуют выявлению потенциальных проблем и совершенствованию управляющих алгоритмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филатов, В.И. Разработка наземного мобильного робота, оснащенного системами адаптивной подвижности / В. И. Филатов, Д. В. Зезюлин, Д. Ю. Тюгин [и др.] // Транспортные системы. – 2018. – № 2(8). – С. 30-40.

2. Журавлев, Д. В. Мобильные робототехнические комплексы / Д. В. Журавлев, М. А. Сиваш, Д. И. Наумов. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2020. – 124 с.

3. Стадухин, А. А. Метод определения характеристик электромеханической системы «двигатель-движитель» гусеничного мобильного роботизированного комплекса : специальность 05.05.03 "Колесные и гусеничные машины" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Стадухин Антон Алексеевич. – Москва, 2013. – 155 с.

4. Бионические системы управления мобильными робототехническими комплексами / О. Н. Бодин, О. Е. Безбородова, А. Н. Спиркин, В. В. Шерстнев. – Пенза : Пензенский государственный университет, 2022. – 236 с.

5. Дышенко, В. С. Исследование динамики мобильного робота для перемещения по вертикальным поверхностям : специальность 01.02.06 "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Дышенко Вячеслав Сергеевич. – Курск, 2006. – 16 с.

Пахолок Анна Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1524437@bsu.edu.ru

Маматов Михаил Евгеньевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1333190@bsuedu.ru

Худасова Ольга Геннадьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: hudasova_og@bsuedu.ru

УДК 681.3.15

Научный руководитель
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

А.А. ПЛЕХОВА
A.A. PLENOVA

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИСКРЕТНЫХ СОСТОЯНИЙ КЛЕТОК
ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В СЕРДЕЧНОЙ ТКАНИ**

**MATHEMATICAL MODEL OF DISCRETE STATE CELLS FOR SIMULATING
ELECTROPHYSIOLOGICAL PROCESSES IN CARDIAC TISSUE**

В данной статье рассматривается моделирование электрофизиологических процессов в предсердиях с акцентом на фибрилляцию предсердий и роль калийных токов. Представлена усовершенствованная модель Ходжкина-Хаксли для клеток предсердий, использующая гексагональную решетку для учета клеточных взаимодействий. Модель позволяет более точно исследовать фибрилляцию предсердий с учетом регуляции уровня калия в сердце.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, модель Ходжкина-Хаксли, калийные токи, электрофизиологические процессы, гексагональная решетка, кардиомиоциты, лекарственные препараты, диуретики, гипокалиемия, гиперкалиемия.

This article examines the modeling of electrophysiological processes in the atria, with a focus on atrial fibrillation and the role of potassium currents. An improved Hodgkin-Huxley model for atrial cells is presented, incorporating a hexagonal grid to account for cellular interactions. The model enables a more accurate investigation of atrial fibrillation while considering the regulation of potassium levels in the heart.

Keywords: atrial fibrillation, Hodgkin-Huxley model, potassium currents, electrophysiological processes, hexagonal grid, cardiomyocytes, drugs, diuretics, hypokalemia, hyperkalemia.

Модель дискретных состояний клеток представляет собой систему клеточного автомата, в которой группа клеток подвергается быстрой электрической стимуляции, вызывая периодические волны активации, распространяющиеся по поверхности системы. Эти волны могут сталкиваться друг с другом и разрушаться из-за различий в рефрактерных периодах клеток.

В контексте моделирования фибрилляции предсердий (ФП) используется модернизированная версия модели Ходжкина-Хаксли, которая позволяет более точно отражать механизмы электрической активности в кардиомиоцитах [1]. В отличие от оригинальной модели, где учитываются несколько ионных токов (натрия, калия и кальция), в адаптированной модели акцент сделан на одном ключевом ионном токе – калиевом. Это решение обусловлено тем, что калиевый ток играет решающую роль в возникновении и поддержании фибрилляции предсердий.

Калиевые токи, известные как токи реполяризации, которые критически важны для управления фазами активации и рефрактерности клеток. При нарушениях в работе калиевых каналов может происходить сбой в реполяризации, что способствует возникновению хаотической электрической активности, характерной для ФП [2]. Таким образом, сосредотачиваясь на калиевом токе, разрабатываемая модель позволяет более эффективно изучать механизмы, способствующие фибрилляции, а также разрабатывать методы для ее диагностики и лечения.

Кроме того, использование единого ионного тока упрощает структуру модели и делает ее более удобной для численного анализа и дальнейших экспериментальных исследований, что является важным аспектом в поисках оптимальных решений для лечения

ФП. Таким образом, несмотря на свою сокращенную детализацию, модель остается достаточно информативной для понимания основных процессов, лежащих в основе фибрилляции предсердий.

Модель активации, основанная на принципах Ходжкина-Хаксли [3], включает в себя переменные, описывающие состояние и ионные токи в клетке. Модель описывает три ключевых состояния клеток:

- активированное состояние: клетка инициирует электрический импульс;
- рефрактерное состояние: клетка временно не восприимчива к новым электрическим импульсам;
- состояние покоя/возбудимости: клетка готова к новым импульсам, но еще не активирована.

В рамках общей модели Ходжкина-Хаксли:

$$\sum_k I_k = g_{Na} m^3 h (V - E_{Na}) + g_K n^4 (V - E_K) + g_L (V - E_L) \quad (1)$$

изолируется компонент, ответственный за калий, поскольку он играет ключевую роль в процессе фибрилляции. В результате получаем уравнение:

$$\sum_k I_k = g_K n^4 (V - E_K), \quad (2)$$

где: I_k – суммарный калиевый ток, протекающий через мембрану;

g_K – коэффициент проводимости калиевых каналов;

n – активационная переменная, описывающая вероятность открытия калиевых каналов;

V – мембранный потенциал клетки;

$E_K = \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{[K^+]_{outside}}{[K^+]_{inside}} \right)$ – равновесный потенциал калия;

R – универсальная газовая постоянная, равная $8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$;

T – температура в Кельвинах;

z – заряд иона, для калия $z = +1$;

F – постоянная Фарадея равная $9.65 \cdot 10^4 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$; $[K^+]_{outside}$ и $[K^+]_{inside}$ – концентрация калия вне и внутри клетки.

Для анализа динамики изменения переменной активации n используются формулы, основанные на данных, представленных в уравнении (3), а также на значениях параметров a_n и β_n , полученных в [4, 5, 6]. Эти значения параметров были подставлены в исходные уравнения, выведенные Заком Майненом [1], с учетом экспериментальных данных, представленных Гугенардом [1]:

$$a_n = 0.02 \frac{(V - 25)}{1 - e^{-\frac{(V-25)}{9}}} \quad \beta_n = -0.002 \frac{(V - 25)}{1 - e^{-\frac{(V-25)}{9}}} \quad (3)$$

Функции a_n и β_n определяются как функции напряжения, зависящие от мембранного потенциала V . Уравнения для вычисления переходов a_n и β_n , которые были получены на основе данных научных работ [4, 5, 6], могут быть представлены следующим образом:

$$a_n = \frac{0.1(V + 40)}{1 - e^{-0.1(V+40)}}, \quad (4)$$

$$\beta_n = 4e^{\frac{-V+65}{18}}. \quad (5)$$

Функция (4) описывает вероятность активации калиевых ионных каналов в зависимости от мембранного потенциала V . Она показывает, как изменяется скорость активации в зависимости от значения потенциала. Функция (5) также зависит от мембранного потенциала и показывает, как быстро канал выключается при изменении данного потенциала.

При повышении значения V (например, при деполяризации) функции a_n и β_n будут изменяться по-разному:

- a_n будет увеличиваться, что соответствует возрастанию вероятности активации канала;
- β_n будет уменьшаться, что указывает на снижение скорости деактивации.

Важно отметить, что значения V обычно варьируются от -100 мВ до +50 мВ, что отражает физиологический диапазон потенциалов покоя и активации клеток в сердечной ткани.

Для моделирования взаимодействий клеток в сердечной ткани используется гексагональная решетка [7], которая позволяет учитывать сложные взаимосвязи между клетками. Каждая ячейка решетки представляет собой отдельную клетку сердца, а каждая клетка имеет шесть соседей. Активизация одной клетки в сердечной ткани может вызвать деполяризацию соседних клеток, инициируя тем самым электрический импульс в их мембранах. Этот процесс играет ключевую роль в передаче сигналов по сердцу. Однако после активации клетки возникает рефрактерный период – интервал времени, в течение которого соседние клетки не способны реагировать на новые импульсы. Этот период критически важен, так как он предотвращает избыточную активацию клеток и обеспечивает организованное распространение электрических сигналов.

Следует также учитывать, что взаимодействия между клетками могут зависеть от их состояния. Активированные клетки могут обладать различной степенью возбуждения, что влияет на силу генерируемых ими импульсов и их способность деполяризовать соседние клетки. Кроме того, важным параметром является временная задержка в распространении сигнала, которая может варьироваться в зависимости от скорости передачи импульса и состояния клеток. Это комплексное взаимодействие всех этих факторов обеспечивает корректное функционирование сердца как единого целого.

Для того чтобы более точно смоделировать распространение возбуждения по сердечной ткани, а не только по одной изолированной клетке, как это делается в исходной модели Ходжкина-Хаксли, было принято решение ввести уравнение для клеток на гексагональной решетке [8]. Такой подход позволяет учесть пространственные взаимодействия между клетками и более адекватно отражает анатомическую структуру и электрофизиологические свойства сердечной мышцы. Таким образом общее уравнение для клеток на гексагональной решетке имеет следующий вид:

$$\frac{dV_i}{dt} = f(E_k, S_i, \tau_i) + \sum_{j \in neighbors} \alpha(V_j, V_i, \tau_i), \quad (6)$$

где: $f(E_k, S_i, t) = \frac{a_n * I_k}{I_0 * \tau_0}$ – функция, описывающая поведение клетки в зависимости от ее состояния (активированная, рефрактерная, покоя) и влияния мембранного потенциала, изменяющегося в пределах от -90 мВ до + 50 мВ;

E_k – равновесный потенциал калия i клетки;

S_i – состояние i клетки (активированная, рефрактерная, покоя);

τ_i – время, за которое клетка восстанавливает свой мембранный потенциал после воздействия внешнего электрического сигнала;

I_0 – опорный ток, используется для нормализации и масштабирования ионных токов в клеточной мембране, а также для поддержания стабильного уровня активности клеток;

i – индекс клетки, $j \in neighbors \{i - 1, i + 1, i - n, i + n, i - n + 1, i + n - 1\}$;

$\alpha(V_j, V_i, \tau_i) = \frac{1}{\tau_i} * \left(\beta_n * \frac{1}{1 + e^{-m(V_j - V_i)}} + b \right)$ – сигмоидальная функция суммы взаимодействий с соседними клетками на основе разности потенциалов;

V_j, V_i – мембранные потенциалы соседних клеток;

m – переменная наклона, которая регулирует чувствительность функции α к разности потенциалов между клетками, для калиевых каналов значение варьируется в диапазоне от 0.1 мВ^{-1} до 0.15 мВ^{-1} , где k_m – градиент параметра m измеряется в мВ^{-1} ;

b – переменная, регулирующая минимальное взаимодействие между клетками при нулевой разнице потенциалов, задающий фоновую электрическую связь между соседними клетками. Ее значения варьируются от 0 мВ до 0.5 мВ в зависимости от степени взаимодействия и чувствительности кардиомиоцитов предсердий к разнице потенциалов.

Следовательно, получаем уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{dV_i}{dt} = & \frac{1}{I_0 * \tau_i} * \frac{0.1(V + 40)}{1 - e^{-0.1(V + 40)}} * g_k n^4 (V - E_k) + \\ & + \sum_{j \in neighbors} \frac{1}{\tau_i} * \left(4e^{\frac{-V + 65}{18}} * \frac{1}{1 + e^{-m_0 * k_m (V_j - V_i)}} + b_0 * k_b \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, модель Ходжкина-Хаксли, описывающая электрическую активность нейронов, была адаптирована для моделирования клеток сердечной ткани, в частности, клеток предсердий. В разработанной модели представляется подход, при котором модель Ходжкина-Хаксли накладывается на гексагональную решетку, представляющую собой двумерную дискретизацию ткани. Каждая ячейка решетки соответствует отдельной клетке сердечной ткани и описывается уравнениями Ходжкина-Хаксли с учетом основных ионов, в частности, калия. Это позволяет учесть важные аспекты электрической активности сердечных клеток, такие как генерация и проведение потенциала действия, а также взаимодействие между клетками в контексте целого тканевого ансамбля.

Комбинируя гексагональную решетку с моделью Ходжкина-Хаксли, можно воссоздавать сложные процессы, происходящие в ткани предсердий, включая распространение возбуждения и реполяризацию. Данный подход позволяет более точно исследовать механизмы, лежащие в основе электрической активности сердечной ткани, и открывает новые перспективы для понимания патофизиологических изменений, возникающих при различных сердечно-сосудистых заболеваниях.

Входным параметром разработанной модели является $[K^+]_{outside}$. Изменяя внешнюю концентрацию калия в диапазоне значений от 50 и 200 мг-экв/л (миллиграмм эквивалента на литр), можно тестировать лекарственные препараты и их влияние на уровень калия в сердце. Различные группы диуретиков оказывают значительное влияние на уровень калия в организме. Петлевые диуретики, такие как фуросемид и торсемид, усиливают экскрецию калия через почки, что может привести к гипокалиемии – состоянию, при котором уровень калия в крови значительно снижается. Это может вызывать серьезные симптомы, включая мышечные спазмы и аритмии, что оказывает негативное воздействие на сердечно-сосудистую систему. В то же время тиазидные диуретики, такие как гидрохлоротиазид, также способствуют снижению уровня калия, хотя и в меньшей степени по сравнению с петлевыми диуретиками. Их использование требует внимательного мониторинга уровня калия у пациентов, чтобы избежать возможных осложнений. С другой стороны, антиалдостероновые диуретики, такие как спиронолактон и эплеренон, действуют

противоположным образом. Они помогают сохранить калий в организме и могут приводить к гиперкалиемии, то есть повышению уровня калия в крови. Это состояние также требует осторожности, поскольку слишком высокий уровень калия может вызвать проблемы с сердечным ритмом и другими функциями организма.

При реализации модели была выбрана среда разработки MATLAB, благодаря удобству работы с матрицами и производными, а также наличию обширной библиотеки готовых функций и пакетов. Эти возможности делают MATLAB идеальным инструментом для биомедицинского моделирования, позволяя эффективно решать сложные задачи, связанные с анализом и моделированием биологических систем.

Модель представляет собой двумерную матрицу размером 30 на 37, где каждый элемент матрицы включает в себя 200 кардиомиоцитов. Общая площадь предсердий составляет 45 см^2 , из которых 20 см^2 соответствует правому предсердию, а 25 см^2 – левому. Общее количество кардиомиоцитов в предсердиях составляет 225000, учитывая площадь одного кардиомиоцита в 0.0002 см^2 . Для упрощения модели каждый элемент матрицы ассоциирован с группой из 200 кардиомиоцитов. Потеря 55% клеток, что эквивалентно 123750 кардиомиоцитам, соответствует 618 точкам в матрице. При потере такого количества клеток фибрилляция продолжается без самопроизвольного затухания, что свидетельствует о высокой устойчивости модели к значительным потерям клеток.

Тестирование модели проводилось с начальной концентрацией калия 137 мг-экв/л, которая использовалась в качестве входного параметра для анализа динамики клеточной активности и взаимодействий в сердечной ткани. При данной концентрации наблюдаются сложные волновые паттерны, обусловленные действием нескольких волновых пакетов (Рис. 1а), что приводит к хаотичной и непредсказуемой активации клеток. Взаимодействие различных волновых фронтов, которые могут пересекаться и сталкиваться друг с другом, создает еще более сложные электрические паттерны (рис. 1б – 1с), значительно затрудняя управление и стабилизацию сердечного ритма. Множественные активные центры или очаги увеличивают риск развития более серьезных аритмий, так как такие фибрилляции могут привести к полной дисфункции сердца.

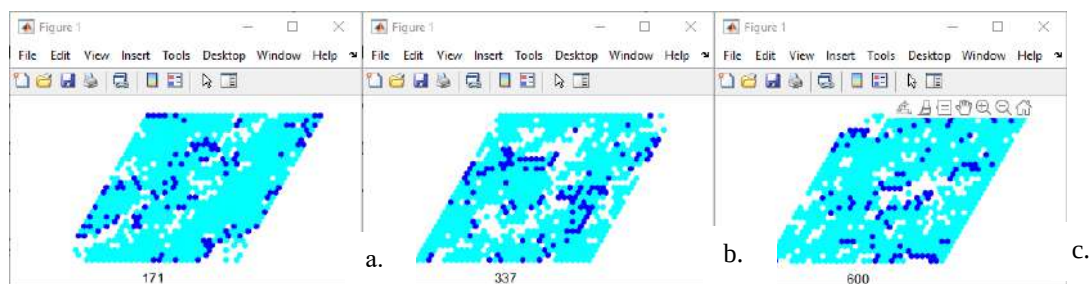


Рисунок 1 – а. Множественные волновые пакеты; б. Множественные волновые пакеты с непредсказуемыми волновыми паттернами; с. Завершение симуляции.

Хаотичные очаги фибрилляции

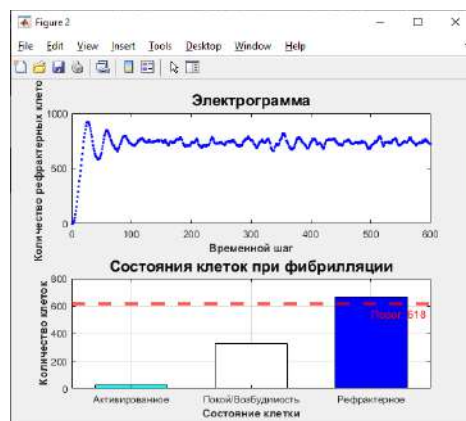


Рисунок 2 – Электрограмма при значении активации 137 мг-экв/л

На электрограмме наблюдается резкое увеличение числа клеток в рефрактерном состоянии, что связано с активацией значительной части миокарда в начале фибрилляции (рис. 2). После этого начального скачка количество рефрактерных клеток стабилизируется на уровне около 700, указывая на наличие устойчивого состояния фибрилляции, при котором большинство клеток остается в рефрактерном периоде. Небольшие колебания графика после стабилизации свидетельствуют о взаимодействии множества волновых пакетов, что характерно для сложных и многофокусных фибрилляций, где различные волновые фронты пересекаются и взаимодействуют.

Реализация модифицированной модели дискретных состояний клеток для симуляции электрофизиологических процессов в сердечной ткани в MATLAB позволила существенно улучшить точность моделирования электрофизиологических процессов в сердечной ткани. По сравнению с классической моделью Ходжкина-Хаксли, среднеквадратическая ошибка снижена на 46%, а средняя абсолютная ошибка – на 20%, что достигнуто за счет точной калибровки параметров калиевых токов и учета взаимодействий между клетками. Коэффициент детерминации увеличен с 0.89 до 0.93 (↑4%), что свидетельствует о лучшем соответствии экспериментальным данным. Модель также демонстрирует повышенную устойчивость (+5%) и меньшую чувствительность к изменению параметров (↓5%), что делает ее более надежной для исследования механизмов фибрилляции предсердий и тестирования лекарственных препаратов. Кроме того, оптимизированный расчет динамики калиевых токов и ускоренные численные методы позволили снизить среднее время моделирования на 12%, что делает модель более эффективной для комплексных симуляций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wulfram, Gerstner Neuronal Dynamics: From Single Neurons to Networks and Models of Cognition / Gerstner Wulfram, M. K. Werner, Naud, and, Liam Richard. – 1-е изд. – : Cambridge University Press, 2014. – 578 с. – Текст : непосредственный.
2. Jane, Cronin Mathematical Aspects of Hodgkin-Huxley Neural Theory / Cronin Jane. – 1-е изд. – : Cambridge University Press, 1987. – 276 с. – Текст : непосредственный.
3. Gary, R. S. Cardiomyocytes: Methods and Protocols / R. S. Gary, C. F. Maureen. – 1-е изд. – : Humana, 2015. – 230 с. – Текст : непосредственный.
4. An Understandable, Extensible, and Reusable Implementation of the Hodgkin-Huxley Equations Using Modelica. / C. Schölzel, V. Blesius, G. Ernst, A. Dominik. – Текст : непосредственный // Frontiers in Physiology. – 2020. – № 11. – С. 10.
5. Colwell Potential Initiation in the Hodgkin-Huxley Model. / Colwell, J. L, M. P. Brenner. – Текст : непосредственный // PLoS Computational Biology. – 2009. – № 5(1). – С. 8.
6. Haibo, Ni Computational Modeling of Cardiac Electrophysiology / Ni Haibo, Grandi Eleonora. – Текст : непосредственный // Familial Cardiomyopathies. – 2023. – № . – С. 63–103.
7. Haibo, Ni Lattice Vector Quantization for Wavelet-Based Image Coding / Ni Haibo, Grandi Eleonora. – Текст : непосредственный // Advances in Imaging and Electron Physics. – 1999. – № . – С. 199-263.
8. Textile Hinges Enable Extreme Properties of Kirigami Metamaterials / S. M. Anne, Bordiga Giovanni, X. C. Audrey, Spoettling Ben. – Текст : непосредственный // Advanced Functional Materials. – 2024. – № . – С. 16.

Плехова Анна Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: plehovaanny@yandex.ru

УДК 004.93

*Научный руководитель:
Игитян Елена Владимировна,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

А.А. ПОПОВ
А.А. POPOV

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ И ИХ БЕЗОПАСНОСТЬ

MODERN METHODS OF BIOMETRIC AUTHENTICATION AND THEIR SECURITY

В данной статье рассматриваются современные методы биометрической аутентификации (распознавание по лицу, отпечаткам пальцев, голосу, радужной оболочке и поведенческим характеристикам), анализируются их недостатки и предлагаются подходы к повышению безопасности.

Ключевые слова. биометрия, аутентификация, кибербезопасность.

This article examines modern methods of biometric authentication (face, fingerprint, voice, iris, and behavioral recognition), analyzes their weaknesses, and suggests approaches to improving security.

Keywords. biometrics, authentication, cybersecurity.

Современные технологии безопасности активно используют биометрические технологии для идентификации пользователей. В отличие от традиционных паролей и ключей доступа, биометрические данные - такие как отпечатки пальцев, рисунок радужной оболочки глаза или особенности голоса — являются уникальными характеристиками каждого человека. Однако именно эта уникальность делает их ценным объектом для злоумышленников.

За последние годы специалистами из области информационной безопасности отмечается рост числа зафиксированных атак на биометрические системы. «Умельцы» научились создавать поддельные отпечатки пальцев, обходить системы распознавания лиц с помощью масок и даже генерировать искусственные голосовые образцы [1]. Эти угрозы требуют разработки новых, более совершенных методов защиты.

Современные системы биометрической аутентификации используют различные физиологические и поведенческие характеристики человека. Наиболее распространенным методом остается дактилоскопия — идентификация по уникальному рисунку папиллярных линий на пальцах. Современные сканеры применяют оптические, емкостные и ультразвуковые технологии, обеспечивающие высокую точность распознавания. Однако этот метод уязвим к использованию искусственных отпечатков, изготовленных из силикона или желатина.

Распознавание лица занимает второе место по популярности среди биометрических технологий. Современные системы используют комбинацию 2D и 3D-анализа, включая построение глубинной карты лица и инфракрасное сканирование. Особое внимание уделяется детекции живого присутствия, которая позволяет отличить реальное лицо от фотографии или маски [2]. К недостаткам метода можно отнести чувствительность к изменениям освещенности и возрастным изменениям внешности.

Идентификация по радужной оболочке глаза считается одной из самых надежных технологий биометрической аутентификации. Уникальный рисунок радужки формируется в раннем детстве и остается неизменным на протяжении всей жизни. Современные сканеры используют инфракрасную подсветку для точного захвата изображения, что позволяет работать даже в условиях плохой видимости. Однако высокая стоимость оборудования ограничивает широкое применение этого метода.

Голосовая биометрия основана на анализе уникальных характеристик голосового аппарата человека. Современные системы учитывают не только частотные характеристики голоса, но и особенности артикуляции. Основным недостатком метода является зависимость от состояния голосовых связок и возможное влияние посторонних шумов. Кроме того, существуют технологии синтеза голоса, способные имитировать голосовые характеристики [3].

Поведенческая биометрия анализирует уникальные особенности взаимодействия человека с устройствами. К таким характеристикам относятся динамика набора текста, особенности использования компьютерной мыши или сенсорного экрана. Эти методы особенно перспективны для систем непрерывной аутентификации, но требуют длительного периода обучения для формирования эталонного профиля.

Рассмотренные методы биометрической аутентификации демонстрируют различные подходы к идентификации личности, каждый из которых обладает уникальными преимуществами и характерными ограничениями. Дактилоскопия остается наиболее распространённым и отработанным методом, однако требует дополнительных мер защиты от поддельных образцов [4]. Распознавание лица, несмотря на удобство использования, нуждается в совершенствовании алгоритмов работы в изменяющихся условиях внешней среды. Технологии идентификации по радужной оболочке, обеспечивая высочайший уровень точности, пока не получили массового распространения из-за высокой стоимости реализации.

Голосовая биометрия и поведенческие методы представляют особый интерес для систем непрерывной аутентификации, но требуют дальнейшего развития для повышения их надёжности. Практическое применение биометрических систем должно учитывать компромисс между уровнем безопасности, удобством использования и экономической целесообразностью. Наиболее перспективным направлением представляется разработка комбинированных систем, использующих одновременно несколько методов аутентификации, что позволяет нивелировать недостатки отдельных технологий при сохранении их преимуществ. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на повышение устойчивости биометрических систем к различным видам атак при одновременном снижении стоимости их внедрения.

Особую опасность представляют атаки на базы данных биометрических шаблонов. В отличие от паролей, биометрические характеристики невозможно изменить при компрометации, что делает их кражу особенно критичной. Для защиты применяются методы преобразования биометрических данных в необратимые математические представления (биометрические шаблоны), а также их хранение в зашифрованном виде с использованием современных криптографических алгоритмов. Перспективным направлением является децентрализованное хранение биометрических данных с применением блокчейн-технологий [5].

Существенные риски связаны с возможностью перехвата и подмены биометрических данных в процессе их передачи между компонентами системы. Для минимизации этих угроз используются защищенные каналы связи с end-to-end шифрованием, аппаратные модули доверенной среды выполнения (Trusted Execution Environment), а также механизмы цифровой подписи передаваемых биометрических образцов. Особое внимание уделяется защите интерфейсов API, через которые осуществляется взаимодействие между подсистемами [6].

Возрастные изменения биометрических характеристик создают дополнительные сложности для систем долгосрочной идентификации. Изменение черт лица, состояния голосовых связок или кожного рисунка может привести к отказу в доступе законным пользователям. Для решения этой проблемы применяются адаптивные системы, которые постепенно обновляют эталонные образцы, а также комбинированные методы аутентификации, сочетающие несколько биометрических характеристик. Важным направлением является разработка стандартизированных подходов к учету возрастных изменений в алгоритмах сравнения биометрических образцов.

Перспективные методы защиты включают разработку многофакторных биометрических систем, где решение о предоставлении доступа принимается на основе анализа нескольких независимых характеристик. Такие системы значительно повышают уровень безопасности, так как для успешной атаки злоумышленнику потребуется одновременно подделать несколько различных биометрических показателей. Дополнительным преимуществом является возможность динамического изменения требований к аутентификации в зависимости от уровня критичности запрашиваемой операции [7].

Тенденции развития биометрической аутентификации связаны с разработкой новых гибридных систем, сочетающих несколько независимых методов идентификации, а также с совершенствованием технологий обнаружения поддельных образцов. Особое значение имеет стандартизация подходов к защите биометрических данных и разработка нормативной базы, регулирующей их использование.

Таким образом, несмотря на существующие уязвимости, биометрическая аутентификация остается перспективным направлением развития систем безопасности. Однако ее широкое внедрение должно сопровождаться постоянным совершенствованием методов защиты и разработкой комплексных решений, учитывающих как технические, так и организационные аспекты безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кураков В. И., Худадян А. С., Баева У. М. Анализ уязвимостей биометрических методов аутентификации //Вестник науки. – 2022. – Т. 2. – №. 5 (50). – С. 87-98.
2. Иванова А. В., Михайлова У. В., Баранкова И. И. Уязвимости биометрической защиты //Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2020. – Т. 11. – №. 1. – С. 68-72.
3. Хилько П. П. и др. Аутентификация пользователей на основе биометрических данных //интеграция науки, общества, производства и промышленности. – 2019. – С. 150-153.
4. Докучаев В. А. и др. Анализ уязвимостей и рисков традиционных парольных систем в контексте корпоративных распределенных систем и критически важных инфраструктур //Экономика и качество систем связи. – 2025. – Т. 2. – №. 36. – С. 135-147.
5. Богданов Е. А., Айдинян А. Р. Обзор уязвимостей биометрических систем аутентификации //Роль инноваций в трансформации современной. – 2017. – С. 25.
6. Дмитренко Ю. С. Развитие технологий биометрической аутентификации// По итогам публикации сборник будет направления на размещение в Elibrary с индексацией в РИНЦ. – С. 274.
7. Гранкина Я. А., Баймедетов С. Д. Кибербезопасность в современном мире: актуальные угрозы и методы защиты //Вестник науки. – 2024. – Т. 1. – №. 11 (80). – С. 864-870.

Попов Андрей Алексеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1830781@bsuedu.ru

УДК 681.3.15

*Научный руководитель:
Иващук Ольга Александровна,
заведующий кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

П.Н. РАСТОВЦЕВ
P.N. RASTOVTSEV

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ MONITORING METHODS OF MEDICAL TECHNOLOGY

В данной статье рассматривается необходимость разработки и внедрения современных методов мониторинга работы медицинской техники, применение которой играет важнейшую роль в обеспечении высокого уровня медицинского обслуживания, обеспечении безопасности пациентов и медицинского персонала. Сделан акцент на применении современных цифровых технологий, включая искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей (IoT), сенсорные технологии и автоматизацию процессов, которые позволяют значительно улучшить контроль состояния эффективность работы медицинского оборудования, оперативно выявлять неисправности и предотвращать чрезвычайные ситуации.

Ключевые слова: Надежность медицинской техники, искусственный интеллект, интернет вещей, автоматизация процессов, аналитическая платформа.

This article considers the need to develop and implement modern methods of monitoring the work of medical equipment, the use of which plays a crucial role in ensuring a high level of medical care, ensuring the safety of patients and medical personnel. The emphasis has been placed on the use of modern digital technologies, including artificial intelligence (AI), the Internet of things (IoT), sensory technologies and automation of processes that can significantly improve control of the state of the work of medical equipment, quickly identify malfunctions and prevent emergencies.

Keywords: The reliability of medical equipment, artificial intelligence, Internet of Things, process automation, analytical platform.

Создание системы мониторинга состояния медицинского оборудования представляет собой многоаспектную задачу, требующую интеграцию передовых технологий в процесс работы оборудования и учета специфики медицинской деятельности.

Существует несколько ключевых компонентов, которые необходимо изучить в процессе разработки системы для ее реализации.

Аппаратный и программный компоненты означают, что в первую очередь, необходимо определить типы медицинского оборудования, которые будут подлежать мониторингу. Это могут быть аппараты ИВЛ, МРТ, СКТ, УЗИ-аппараты и другие. Для каждого из них потребуется разработать соответствующую архитектуру сбора данных, включая интерфейсы, которые позволят системе мониторинга взаимодействовать с оборудованием установленным в аппаратах производителем [1,2].

Некоторые иностранные производители уже начинают осуществлять внедрение в медицинскую технику функцию встроенного мониторинга оборудования, что, с учетом полученного опыта, позволило выявить ряд проблем, связанных с бесперебойной реализацией поставленной задачи, которые выражаются в следующем:

– данные о работе аппарата выводятся в виде LOG – файла, что приводит к невозможности отслеживания состояния оборудования в реальном времени, то есть полученные данные хранятся, но не передаются в режиме он-лайн;

– в тех аппаратах, в которых производителем не предусмотрена встроенная система мониторинга состояния, самостоятельная установка стороннего ПО в запрещена; в этой связи организовать удаленный доступ в закрытой системе вышеназванного оборудования невозможно;

– для установки промежуточного маршрутизатора (передатчика данных) необходимо производить изменение настроек сети, что приводит к увеличению времени передачи данных и возникновению рисков полной или частичной их потери.

Необходимо отметить, что система должна обеспечивать непрерывный сбор данных о состоянии оборудования, включая его работоспособность, параметры электросети и возникновение необходимости в техническом обслуживании. Применение современных технологий, таких как интернет вещей (IoT) существенно облегчат процесс вычисления [4,6]. Использование датчиков и IoT может значительно улучшить сбор и передачу данных.

Отслеживание данных в режиме реального времени, упростит процесс контроля за состоянием оборудования. К примеру, отслеживание и анализ состояния электросети, скачков или просадки напряжения в сети поможет установить взаимосвязь между сбоями в работе медицинского оборудования и неполадками на подстанции, что позволит в дальнейшем оперативно решить данную проблему во избежание выхода из строя аппарата.

Собранные данные должны не только храниться, но и анализироваться. Это может включать в себя использование алгоритмов машинного обучения для предсказательной аналитики. Например, можно предсказать, когда оборудование может выйти из строя, основываясь на его рабочем времени и текущих показателях. Для анализа данных можно использовать, в том числе, нейросети, которые смогут систематизировать полученные результаты и создать базы данных ошибок, таблиц выполнения технических работ [4,5]. С помощью собранных полученных статистических данных можно предупредить выход из строя основных узлов и компонентов оборудования.

Важно учитывать, что медицинское оборудование собирает данные, которые являются медицинской тайной и требуют повышенной защиты от внешних угроз и посягательств. Данное обстоятельство приводит к необходимости разработки соответствующих протоколов безопасности, защищающих данные от несанкционированного проникновения, а также четких инструкций, строго регламентирующих доступ к хранящейся информации. Одним из основных условий разработки системы мониторинга является создание закрытой системы. Мониторинг состояния медицинской техники не должен интегрироваться в ПО аппарата.

В настоящий момент производители медицинской техники разных стран и разных фирм используют не только системы под управлением Windows, но и также системы под управление Linux и многие другие производные от них.

Таким образом, разрабатываемая система мониторинга должна быть универсальной и обслуживать аппараты вне зависимости от производителя оборудования.

Разрабатываемая система должна иметь интуитивно понятный интерфейс для медицинского персонала. Простой доступ к информации, визуализация данных и возможность быстрой диагностики помогут повысить эффективность работы и снизить вероятность ошибок.

Не менее важным аспектом является возможность интеграции новой системы со старой инфраструктурой аппаратов, включая медицинские информационные системы (МИС), электронные медицинские записи (ЭМЗ) и другие программные решения, которые широко используются при использовании медицинской техники [3].

Большая часть существующих решений, связанных с мониторингом состояния медицинской техники, предполагают программы для дистанционного контроля, которые не самостоятельно отслеживают процесс работы техники и неполадки в ней, а лишь собирают информацию, которую в нее закладывает медицинский работник, работающий на данном аппарате. Такие облачные сервисы или же программы непосредственно зависят от человеческого фактора, потому что лаборант может неверно интерпретировать неисправность и, как следствие, неправильно ввести код ошибки в систему. Далее программа создает заявку на ремонт, откладывает в архив базы данных введенную неверную ошибку. В этой связи фактически ошибка которой нет в дальнейшем отражается в базах, что приводит к сложностям эксплуатации

оборудования, которые могут выражаться в затруднении диагностики, ремонта и обслуживания, а также при расчете остаточной стоимости аппарата для его списания с баланса учреждения и вывода из строя.

Еще один пример мониторинга состояния медицинской техники – это использование стороннего программного обеспечения для контроля часов выработки, простоя и сбоев в работе аппарата, а также контроль системы электроснабжения, для определения связи сбоев в работе медицинской техники и скачков электроэнергии.

Эффективный мониторинг и анализ вышеназванных данных могут позволить определить корневые причины проблем, возникающих в период использования аппаратов, связанных не только с самим оборудованием, но и с его эксплуатацией. Выявив закономерности между сбоями и отключениями электроэнергии, можно разработать стратегии для повышения надежности электроснабжения, например, установку источников бесперебойного электропитания. Соблюдение медицинским учреждением рекомендаций по реализации выработанной, по результатам проведения мониторинга, стратегии позволит увеличить срок службы медицинской техники и обеспечит ее бесперебойную работу. Существенным минусом описанного выше, и уже применяемого на практике, способа мониторинга является то, что он не предотвращает возникновение проблем до начала использования медицинской техники, и требует вмешательства в работу аппаратов уже в процессе их эксплуатации. Данное обстоятельство подтверждает необходимость внедрения более современных методов мониторинга работы медицинской техники.

Один из возможных путей решения, описанных выше проблем состоит в том, что используемые алгоритмические подходы в машинном обучении могут помочь в оценке истинности неисправностей, основываясь на точных данных и предыдущих сбоях и проблемах, систематизируя их в автоматическом режиме. Это позволит не только более адекватно реагировать на проблемы в работе аппаратов, но и предотвратить повторное их появление.

Полагаю, что вышеназванные обстоятельства подтверждают необходимость разработки и внедрения более современных методов мониторинга работы медицинской техники, которые позволят не только своевременно решать имеющиеся проблемы, но и существенно сокращать их количество за счет предотвращения их возникновения.

Создание системы мониторинга медицинского оборудования – это сложный, но крайне важный процесс, который может значительно улучшить качество медицинских услуг и повысить обеспечение безопасности пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 20790 - 93 Приборы, аппараты и оборудование медицинские. Общие технические условия.
2. РД 50-707-91 Методические указания. Изделия медицинской техники. Требования к надежности. Правила и методы контроля показателей надежности.
3. В.А. Гомболевский, А.Г. Масри, С.Ю. Ким, С.П. Морозов Р-85 «Руководство для лаборантов по выполнению протоколов исследований на компьютерном томографе» / Методические рекомендации № 12. – Москва. – 2017. – 61 с.
4. Люгер, Дж.О. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.О. Люгер. - М.: Диалектика, 2021. - 864 с
5. Слэйгл, Дж. Искусственный интеллект / Дж. Слэйгл. - М.: Мир, 2022. - 320 с.
6. Черняк Л. Платформа Интернета вещей [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.osp.ru/os/2012/07/13017643> (дата обращения: 01.04.2025).

Растовцев Павел Николаевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: Pashas700@mail.ru

УДК 681.51

*Научный руководитель:
Кузичкин Олег Рудольфович,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

E.B. РУСАНОВ
E.V. RUSANOV

КОНЦЕПЦИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СЕРВЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ ФЕРМ, ЗАЩИТЫ ДАННЫХ И ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИФРОВОГО ФЕРМЕРСТВА

CONCEPT OF DECENTRALIZED SERVER INFRASTRUCTURE FOR UNITING FARMS, PROTECTING DATA AND INCREASING THE SUSTAINABILITY OF DIGITAL FARMING

В данной статье автор предлагает концепцию серверной инфраструктуры для фермерских хозяйств с новым сочетанием существующих компонентов, решающую основные проблемы, с которыми сталкиваются фермеры при внедрении цифровых технологий.

Ключевые слова: сельское хозяйство, цифровые технологии, цифровизация в сельском хозяйстве, децентрализованная инфраструктура

In this article, the author proposes a concept of server infrastructure for farms with a new combination of existing components that solves the main problems faced by farmers when implementing digital technologies.

Keywords: agriculture, digital technologies, digitalization in agriculture, decentralized infrastructure

В сельском хозяйстве цифровое фермерство играет всё более важную роль, обеспечивая множество преимуществ и повышая эффективность. Кроме того, все цифровые процессы должны быть отказоустойчивыми вплоть до периферии сети на ферме и в поле, обеспечивая устойчивое сельское хозяйство в критически важной инфраструктуре производства продуктов питания.

В промышленности цифровые процессы являются частью методологий и интегрированы в важные части систем управления и администрирования компаний. В сельском хозяйстве это относится к фермам, которые первыми внедряют цифровые технологии, независимо от их размера. По мере того, как цифровизация всё глубже проникает в процессы предприятий, в неё вовлекаются и важные уровни цифрового управления, которые требуют особого внимания с точки зрения защиты и безопасности. Это привело, в некоторой степени, к переосмыслению в корпоративных организациях и привело к децентрализации цифровых систем, предоставляя основную функциональность с независимым от облака управлением доступом, концепциям локального и гибридного облака. Что касается прогрессирующей цифровизации на фермах и сельскохозяйственных предприятиях, то это также справедливо: аспекты устойчивости, безопасности данных и суверенитета данных привлекают повышенное внимание и становятся все более осознанными в бизнес-стратегиях фермеров, сопровождаемых определенным скептицизмом и нежеланием инвестировать. Тем не менее, интеграция цифровых процессов в сельское хозяйство является целесообразной для фермеров, как показывают цифровые инновации в сельском хозяйстве. Для углублённой цифровизации на фермах необходим адаптированный подход, учитывающий бизнес-реалии фермеров, безопасность их данных, надёжность цифровых процессов в сельском хозяйстве во время кризиса, а также требования общества и политики, которые заключаются в прозрачном и цифровом

сельском хозяйстве и, прежде всего, в безопасной и устойчивой критически важной инфраструктуре производства продуктов питания. Требования к децентрализованной инфраструктуре были пересмотрены, и были предложены программные компоненты для обработки геоданных на ферме.

Чтобы интегрировать концепцию устойчивого цифрового сельского хозяйства в текущее и будущее развитие сельского хозяйства, мы представим краткий обзор идеальной цифровой фермы. В этой системе данные лежат в основе работы, и каждый собранный набор данных хранится только один раз, чтобы обеспечить единую точку истины (SPOT) [1]. Ресурсы ферм являются отправной точкой для процесса цифровизации. К ним относятся основные данные о полях и животных, которые служат основой для добавления дополнительных данных, таких как тип почвы, высота над уровнем моря, показатели биомассы, полученные с помощью дистанционного зондирования и датчиков. Такая информация может использоваться для аналитики и принятия управленческих решений, при этом генерируются новые данные о состоянии ресурсов, производственных показателях, урожайности и применяемых производственных технологиях. Все эти данные собираются и хранятся на сервере фермы с помощью концепции базы данных (принцип ACID: атомарность, согласованность, изоляция, долговечность). Каждый датчик имеет резервное подключение к серверу фермы через Интернет и локальную сеть фермы. На сервере фермы размещено программное обеспечение, адаптированное к индивидуальным потребностям фермеров, включая ИСУФ (Информационную систему управления фермой) для фермера для просмотра всех доходов и расходов, а также программный пакет географической информационной системы (ГИС) для управления пространственными данными. Фермер может планировать, распоряжаться, документировать и анализировать все активы и задачи, выполняемые на ферме. Внешние данные, такие как погода, дистанционное зондирование, рынки, затраты, новости и образовательные ресурсы, доступны через обычное подключение к Интернету. Однако для обеспечения устойчивости все важные данные для процессов фермы хранятся и доступны в автономном режиме, независимо от какой-либо внешней сети или источника питания.

Помимо того, что сервер фермы (Hofbox) служит в качестве отдельного сервера фермы, он интегрирован в более крупную сеть ферм-участниц и связанных с ними машинных колец. Сервер фермы выступает в качестве периферийного узла в этой сети, а центральное соединение обеспечивает приоритетную связь между сервером фермы и локальным сервером машинного кольца. Чтобы обеспечить безопасное и эффективное управление инфраструктурой, фермеры предоставляют доступ ИТ-специалистам локального машинного кольца, которые выполняют задачи по удалённому обслуживанию программного обеспечения и применяют меры безопасности на сервере фермы в сетевой среде сервера фермы машинного кольца. Поскольку многим фермерам не хватает знаний в области информационных технологий, такая внешняя поддержка крайне необходима. Фермерский сервер оснащен интуитивно понятным пользовательским интерфейсом, который позволяет контролировать доступ к данным, определяя, какие пользователи или сервисы имеют доступ к конкретным данным. В целом предполагается, что онлайн-сервисы имеют авторизованный доступ к данным на фермерском сервере через стандартизированные API, без необходимости загружать данные в какой-либо сервис для синхронизации или обновления.

Кольцевая система машин действует в географически ограниченном пространстве и соединяет все серверы ферм своих участников с центральным офисом, который служит региональным узлом распределённой сети. Из этого центрального местоположения сервера кольцевая система машин принимает решения о дополнительных местах хранения данных и обеспечивает безопасность данных и резервных копий фермеров. В результате у фермеров, являющихся участниками сети, есть резервные копии данных, хранящиеся вне фермы, в надёжной среде «бизнес для бизнеса» (B2B).

Эта концепция основана на текущих и прошлых проектах. OpenHorizon, программное обеспечение для управления периферийными устройствами, разработанное IBM, служит образцом для подражания. Как только периферийное устройство, в нашем случае сервер фермы, включается и подключается к сети, локальный агент OpenHorizon устанавливает на устройство контейнерное программное обеспечение и управляет им, позволяя устройству работать даже при перебоях в подключении к интернету. Контейнеры и их конфигурация предоставляются центром управления, который является узлом в цепочке поставок программного обеспечения.

Для обмена данными в качестве образца для подражания можно использовать подход Inrupt/Solid [2]. Основная идея заключается в том, что данные хранятся в среде, управляемой пользователем, а сервисы запрашивают у владельца данных разрешение на доступ к ним. В нашем случае хранилище данных фермера – это персональное хранилище данных (PODS), размещённое у фермера и доступное через облако, либо напрямую через сервер фермы, либо через синхронизированный облачный сервер с высокой доступностью. Суверенитет данных обеспечивается контролем доступа и пользовательским соглашением, которое является юридически обязательным и согласовано всеми партнёрами при доступе к данным через API модуля. Обработка и хранение данных соответствуют семантическим и онтологическим стандартам, обеспечивая устойчивую читаемость и доступность данных (принципы FAIR: поиск, доступность, совместимость и читаемость [3]) как для машин, так и для людей.

Настройка системы будет продемонстрирована на примере обработки геоданных на ферме. В сельском хозяйстве многие наборы данных имеют пространственный компонент и классифицируются как геоданные, если пространственная привязка явно смоделирована. Преимущества и выгоды были продемонстрированы во многих областях [4], особенно в методах точного земледелия на основе карт, которые используют такие данные. Поэтому фермер должен уметь работать с форматами файлов геоданных, которые часто используются в качестве промежуточных файлов для передачи данных между системами (файлы Shapefile, GeoTIFF, ISOXML). Однако современные ИСУФ-системы предоставляют лишь ограниченную поддержку геоданных в своих функциях: зачастую тип геоданных ограничивается границами полей и компонентом веб-карты для визуализации и выбора табличных данных на их основе. Расширенная система поддержки принятия решений должна объединять несколько источников пространственных данных, чтобы выявлять различия в местных природных условиях и ориентироваться на них с помощью различных методов управления, разграничения зон и планирования обработки и применения удобрений с учётом особенностей каждой зоны. Ценные исходные данные варьируются от данных дистанционного зондирования растительности на картах почв до цифровых моделей рельефа и экологической информации и могут включать в себя информацию о урожайности, погоде, данные о работе тракторов и многое другое, полученную на местах.

Фермеры подчёркивают важность безопасности данных, защиты и суверенитета, о чём свидетельствуют результаты нашего опроса и исследований. Концепцию организации и безопасного доступа к данным можно найти в концепции управления использованием данных в сельскохозяйственных информационных системах (ADS) [5]. Разработки и стандартизация информационных систем могут предоставить полезные компоненты для гибкой, децентрализованной обработки данных и объединения систем. В контексте здравоохранения, предъявляются ещё более высокие требования. (рисунок 1, 2). Оранжевые стрелки символизируют передачу данных: в типичной ситуации (рисунок 1) фермерам приходится управлять данными и делиться ими с третьими сторонами. Данные приходится создавать и обновлять в нескольких системах вручную, поэтому они могут различаться и со временем расходиться, особенно если обмен данными посредством экспорта и импорта невозможен. В результате операций импорта/экспорта могут появиться несколько несогласованных версий наборов данных, особенно если передача данных осуществляется в обоих направлениях. Правила использования данных зависят от условий предоставления внешних услуг.

На рисунке 2 фермер хранит данные в системах с самостоятельным управлением, где необходимые данные доступны локально, а третьим лицам предоставляется детальный доступ. Передача данных во внешние системы осуществляется на основе уровня доступа и предварительной аутентификации и авторизации.

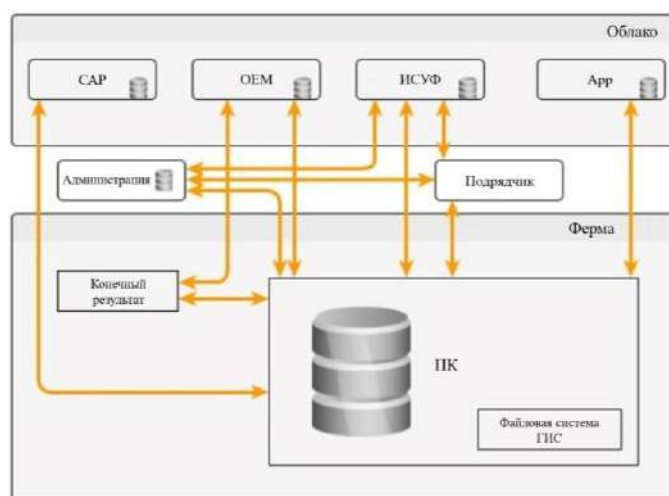


Рисунок 1 – Классические связи между инфраструктурой фермеров и облачными сервисами

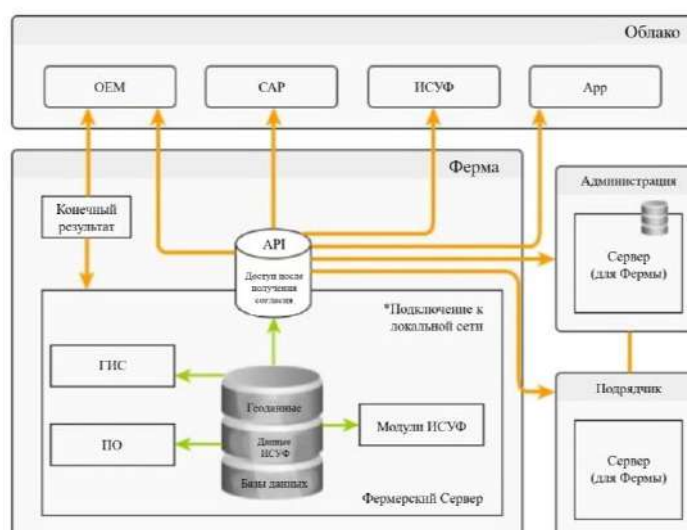


Рисунок 2 – Схема хранения данных на сервере фермы и в резервных хранилищах

Как показано на рисунке 1 данные хранятся и обновляются в разных местах. Оранжевые стрелки показывают поток данных во всех направлениях.

Как изображено на рисунке 2 третьи стороны получают доступ после согласия с соглашением о передаче данных, условиями и положениями. Поток данных (оранжевые стрелки) направлен только в одну сторону.

Таким образом, фермер может контролировать, у кого есть доступ к каким данным, и предоставлять услуги с использованием актуальных версий данных.

Непосредственно взаимодействующими узлами этой децентрализованной системы являются Hofbox на ферме, Hofbox в местном офисе MR и облако, где можно выбрать местоположение сервера в РФ или Европе для обеспечения суверенитета данных в соответствии с нормативными требованиями (законы о конфиденциальности, GDPR). Благодаря резервной сети – радиосвязи, соединяющей ферму с местным офисом MR, – можно выполнить все требования из раздела 4.2.3. Децентрализованный подход позволяет учитывать индивидуальные предпочтения фермеров в отношении места хранения (рисунок 2).

Одним из потенциальных недостатков этого подхода является высокая степень инициативности и самомотивации, которые требуются от фермеров для внедрения нового программного обеспечения с помощью обучающих материалов и других источников. В зависимости от существующей ИТ-поддержки в рамках MR могут потребоваться дополнительные сотрудники и ресурсы. Это согласуется с результатами опроса, согласно которым особенно группа фермеров с площадью ферм от 51 до 200 га заинтересована в расширенных цифровых решениях, но им не хватает опыта и времени. Молодые фермеры могут стать ключевыми заинтересованными сторонами, как это уже происходит, или повысить свою цифровую грамотность до уровня, позволяющего им с большей готовностью делиться данными с учётом самоорганизованных ограничений.

Мониторинг рабочих параметров тракторов и комбайнов позволяет руководителю автопарка следить за соблюдением правил эксплуатации, проверять работу вспомогательного и навесного оборудования, контролировать режимы работы техники (число оборотов двигателя, мгновенный расход топлива, температуру охлаждающей жидкости, давление масла) (Рисунок 3).

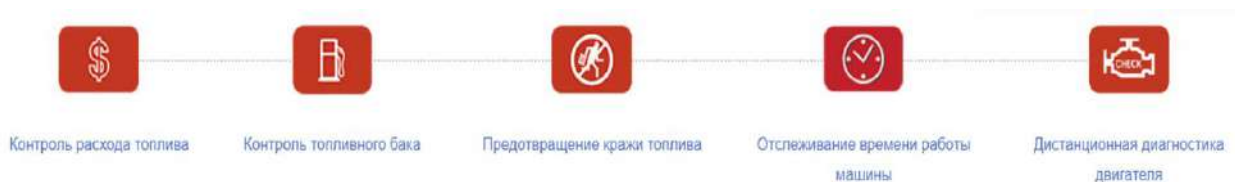


Рисунок 3 – Экономические эффекты от внедрения тракторной телематики

Мониторинг расхода топлива сельскохозяйственной техники позволяет выявлять перерасход топлива, нормализовать нормы расхода топлива для каждой операции, контролировать объёмы заполнения и опорожнения топливных баков и предотвращать хищение топлива, которое происходит из-за установленных чрезмерных норм расхода топлива или нарушений правил эксплуатации.

Отслеживание времени работы оборудования помогает корректировать временные нормы для определённых работ, точно регистрировать реальное время работы двигателя, а также позволяет внедрить систему оплаты труда сотрудников в зависимости от фактического рабочего времени. Пример разработанной телематической системы для с/х трактора представлена на рисунке 4.

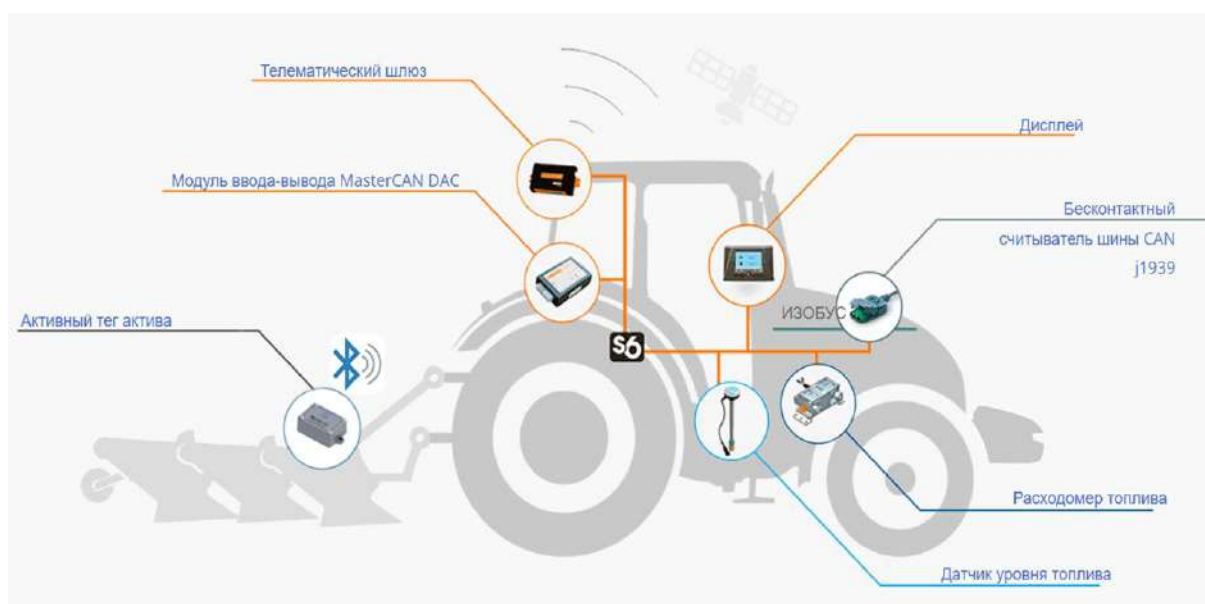


Рисунок 4 – Пример телематической системы для сельскохозяйственной техники

GPS-отслеживание тракторов и комбайнов предоставляет информацию о местоположении и маршруте транспортных средств, направлении и маршруте движения, а также позволяет выявлять случаи неправомерного использования техники и нецелевого использования в личных целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пикова Б. Тезисы: процесс общей сельскохозяйственной политики 2021 // Политика. - 2021. - 2021. - с. 2027.
2. Грюнингер М. Онтология: приложения и дизайн //Commun. ACM. – 2002. – с. 19-22.50. Остермайер Р. Мультисенсорное слияние данных в мобильной сельскохозяйственной системе BUS для управления процессами в режиме реального времени в системах внесения удобрений на основе датчиков: дис. – Мюнхенский технический университет, 2013 г.
3. Giua C. Умное сельское хозяйство в итальянском сельском хозяйстве: очерки о динамике усыновления и диффузии, формируя сельскохозяйственный цифровой переход. – 2022.
4. Yuan J. et al. Исследования по строительству и картированию модели системы организации знаний, обусловленной стандартами // компьютерными стандартами и интерфейсами. - 2025. - т.т. 92. - с. 103905.
5. Митч Э., Мартини Д. Стандарты данных в пищевой цепи: современное состояние и будущее направление развития в рамках Инициативы ЕС «Интернет будущего». – 2014.

Русанов Евгений Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1589443@bsuedu.ru

УДК 681.51

*Научный руководитель:
Афонин Андрей Николаевич,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Е.В. РУСАНОВА
E.V. RUSANOVA

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБМЕНА МЕЖДУ МУНИЦИПАЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ
И ОРГАНАМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ СУБЪЕКТА РФ**
**AUTOMATED SYSTEM OF INFORMATION EXCHANGE BETWEEN
MUNICIPAL AUTHORITIES AND EXECUTIVE AUTHORITIES
OF THE SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION**

В статье рассматривается разработка автоматизированной системы информационного обмена между муниципальными органами и органами исполнительной власти субъекта РФ. Проведен анализ существующей системы типового информационного обмена между органом исполнительной власти и органами местного самоуправления, выявлены основные ее недостатки и предложена ее модернизация. Представлены основные моменты разработки автоматизированной системы для реализации предложенной модернизированной схемы информационного обмена

Ключевые слова: автоматизированная система, информационный обмен, отчеты, муниципальные органы.

The article discusses the development of an automated information exchange system between municipal authorities and the executive bodies of a Russian federal subject. An analysis of the existing standard information exchange system between the executive authority and local self-government bodies has been conducted, the main shortcomings have been identified, and its modernization has been proposed. The key aspects of developing an automated system to implement the proposed modernized information exchange scheme are presented

Keywords: Automated system, information exchange, reports, municipal authorities

В условиях повсеместной цифровизации экономических отраслей ключевым фактором конкурентоспособности организаций является степень автоматизации рутинных процессов и минимизации ручного труда. Для сокращения отставания в производительности от стран Европы и Северной Америки российские предприятия активно внедряют методы бережливого производства, поддерживая их специализированным программным обеспечением.

При этом в системе государственного управления субъектов РФ существует острая необходимость в оптимизации взаимодействия между региональными органами власти, муниципальными районами, городскими округами, а также администрациями сельских и городских поселений [1].

Это делает востребованной разработку и анализ инструментов, способных улучшить информационный обмен между структурами местного самоуправления и исполнительными органами власти регионов.

Целью данного исследования является совершенствование процесса информационного обмена между муниципальными органами и органами исполнительной власти субъекта РФ за счет разработки автоматизированной системы. информационного обмена между муниципальными органами и органами исполнительной власти субъекта РФ.

Деятельность региональных органов исполнительной власти в РФ неизменно сопровождается работой с большими массивами данных: их сбором, обработкой и интерпретацией. Особенно это характерно для подразделений, отвечающих за

реализацию федеральных программ и законодательных реформ, требующих постоянного обновления информации. Основными причинами для запросов данных выступают требования вышестоящих ведомств, включая подведомственные им государственные предприятия, а также необходимость формирования отчетности для стратегического планирования.

Главными источниками информации служат администрации муниципальных районов и городских округов – на них приходится большинство запросов. Реже данные запрашиваются напрямую у подконтрольных организаций. Запросы варьируются по периодичности (разовые, еженедельные, ежемесячные и т.д.) и формату представления: некоторые строго регламентированы (таблицы, документы), другие допускают свободное оформление [2].

После подготовки информация проходит многоэтапную процедуру: распечатывается, подписывается ответственным лицом, сканируется и направляется через систему электронного документооборота (СЭД) или электронную почту. Для ускорения процесса к сканам иногда прикрепляют исходные файлы в форматах DOC/XLS, однако это требование часто игнорируется. В редких случаях документы подписываются электронной цифровой подписью (ЭЦП) и отправляются через СЭД без бумажного носителя, но из-за сложности интерфейса системы такой метод почти не применяется.

Ключевые проблемы связаны с человеческим фактором и техническими ограничениями. Исполнители нередко отправляют данные по разным email-адресам в рамках одного запроса, задерживают сроки или забывают приложить файлы/сканкопии. Даже при повторных напоминаниях документы могут быть недопредставлены, что вынуждает сотрудников тратить время на повторный сбор информации. Кроме того, неудобство работы с ЭЦП и отсутствие единого алгоритма обработки запросов снижают эффективность всего процесса [3].

Структурная схема типового информационного обмена между органом исполнительной власти и органами местного самоуправления области представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема типового информационного обмена между органом исполнительной власти и органами местного самоуправления

После проведенного анализа существующей системы информационного обмена между органом исполнительной власти и органами местного самоуправления авторами была предложена ее модернизация. Были выявлены следующие направления для модернизации:

1. **Устранение дублирования.** Бюрократические процедуры (сопроводительные письма, резолюции) и многократная перепроверка данных на разных уровнях увеличивают нагрузку на исполнителей. Решение: автоматизация документооборота и создание прямых каналов передачи информации без промежуточных этапов.

2. **Единые стандарты ввода.** Запросы часто содержат размытые требования к формату данных, что приводит к получению разнородных файлов (DOC, XLS) и ручному редактированию. Необходимо внедрить шаблоны с жёсткими правилами заполнения и примерами.

3. **Автоматическая проверка.** Большие объёмы информации и сжатые сроки повышают риск ошибок. Система должна автоматически анализировать корректность данных (проверка на опечатки, соответствие форматам).

4. **Контроль сроков.** Интеграция инструментов для отслеживания этапов выполнения запросов снизит риск просрочек и сократит трудозатраты на напоминания.

5. **Гибкая иерархия.** Модель должна сохранить трёхуровневую структуру (регион → муниципалитеты → поселения), но минимизировать бюрократию через делегирование полномочий. Например, получатель запроса может перенаправить часть задач на нижний уровень.

Структурная схема модернизированного процесса информационного обмена представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Модернизированная структура информационного обмена между органом исполнительной власти и органами местного самоуправления

Согласно представленной модернизированной структуре информационного обмена между органом исполнительной власти и органами местного самоуправления была разработана автоматизированная информационная система, которая представляет собой веб-приложение состоящее из следующих составных частей:

– база данных;

- модуль авторизации и верификации пользователей;
 - модуль сбора и обработки данных;
 - модуль контроля за сроками предоставления информации.
- Структура разработанной базы данных представлена на рисунке 3.

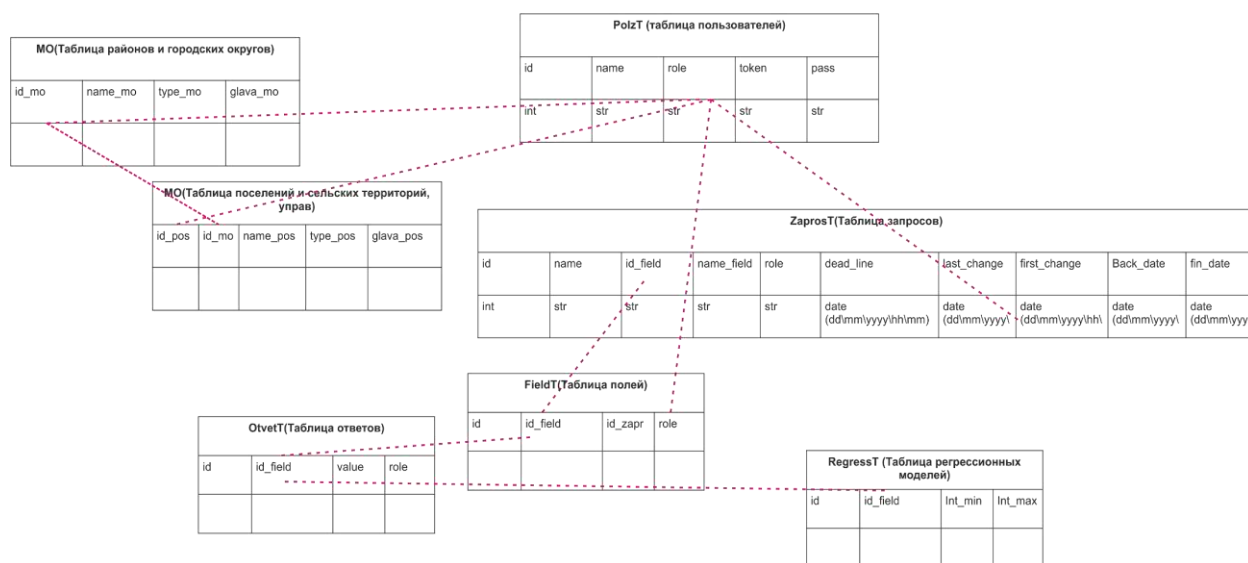


Рисунок 3 – Структура базы данных разработанной автоматизированной системы

Работа модуля сбора и обработки данных представлена на рисунке 4.

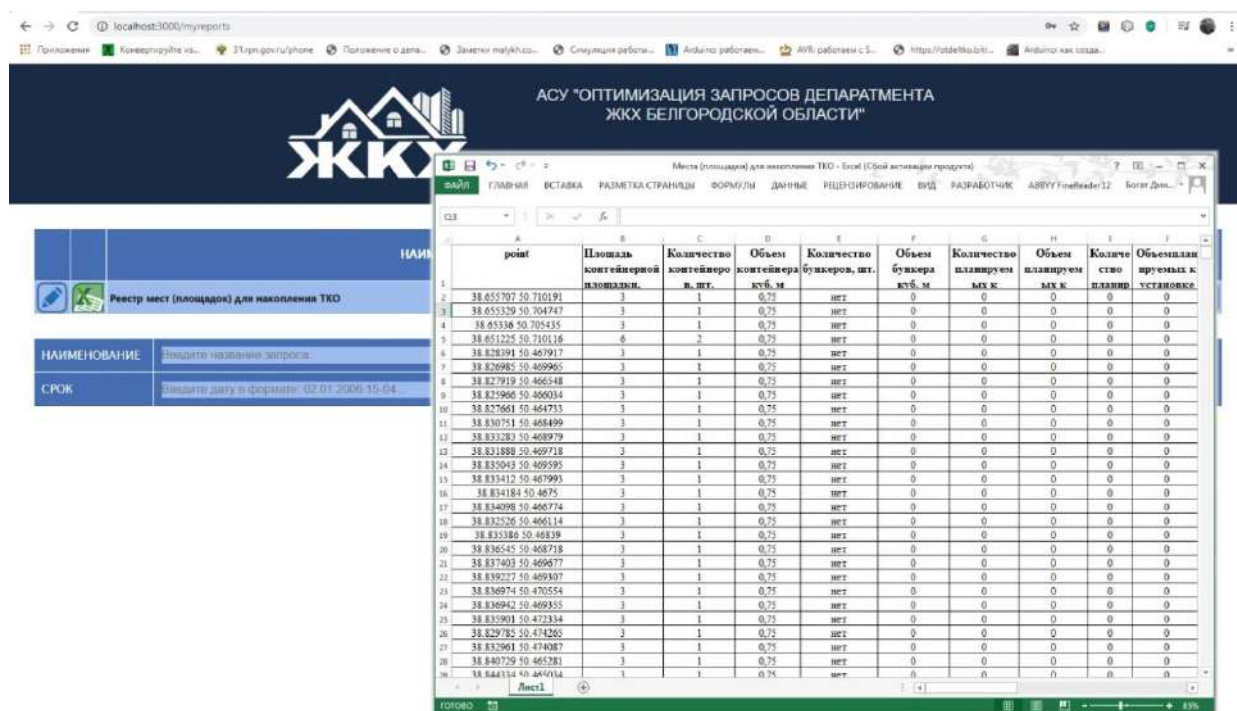


Рисунок 4 – Работа модуля сбора и обработки данных

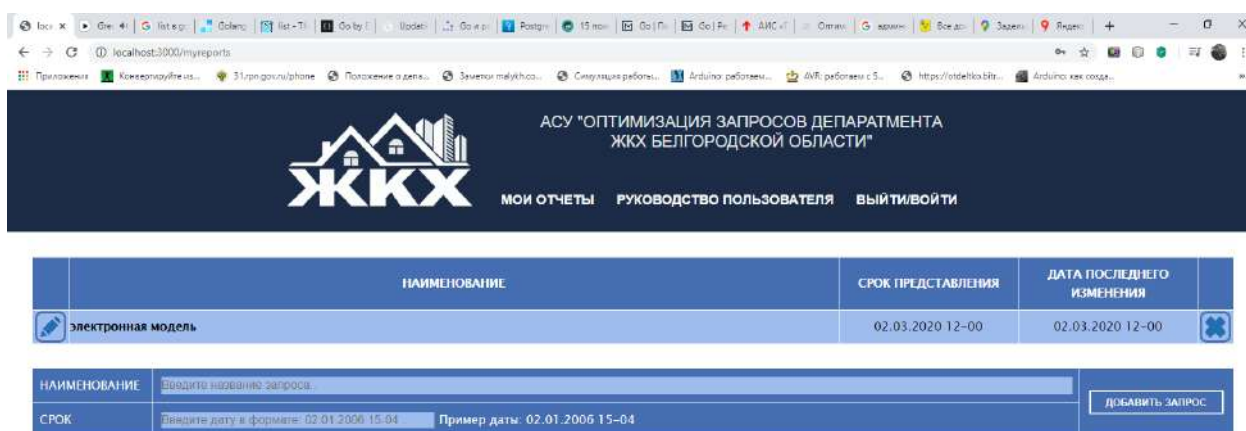
Работа модуля контроля за сроками предоставления информации исполнителями запроса представлена на рисунке 5.



НАИМЕНОВАНИЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА (ГОРОДСКОГО ОКРУГА)	ДАТА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ		
Алексеевский городской округ	02.03.2020 12-13	✓	⚙
г. Белгород	25.02.2020 10-45	✓	⚙
Белгородский район	25.02.2020 16-17	✓	⚙
Борисовский район		✓	⚙
Валуйский городской округ		✓	⚙
Вейделевский район		✓	⚙
Волоконовский район		✓	⚙
Грайворонский городской округ		✓	⚙
Губкинский городской округ	26.02.2020 09-33	✓	⚙
Ивнянский район	28.02.2020 14-10	✓	⚙
Корочанский район		✓	⚙
Красненский район	25.02.2020 15-47	✓	⚙
Красногвардейский район	27.02.2020 14-28	✓	⚙
Краснояржужский район	26.02.2020 11-20	✓	⚙
Новооскольский городской округ		✓	⚙
Прохоровский район	02.03.2020 14-50	✓	⚙
Ракитянский район		✓	⚙
Ровенькой район	02.03.2020 15-12	✓	⚙
Старооскольский городской округ	27.02.2020 14-52	✓	⚙

Рисунок 5 – Результат работы модуля контроля за сроками представления информации исполнителями запроса

Пример реализации функционала создания запроса представлен на рисунке 6.



НАИМЕНОВАНИЕ	СРОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ	ДАТА ПОСЛЕДНЕГО ИЗМЕНЕНИЯ
электронная модель	02.03.2020 12-00	02.03.2020 12-00

НАИМЕНОВАНИЕ	Введите название запроса		ДОБАВИТЬ ЗАПРОС
СРОК	Введите дату в формате: 02.01.2006 15:04 Пример даты: 02.01.2006 15-04		

Рисунок 6 – Пример реализации функционала создания запроса

Разработанная автоматизированная система информационного обмена позволяет существенно повысить эффективность взаимодействия между муниципальными органами и региональными исполнительными структурами за счет устранения дублирующих процедур и бюрократических барьеров. Внедрение стандартизированных шаблонов ввода данных, автоматической проверки их корректности и инструментов контроля сроков минимизирует ошибки и снижает трудозатраты на обработку информации. Интеграция модулей сбора данных, верификации пользователей и гибкой иерархии управления обеспечивает прозрачность и оперативность процессов. Реализация системы демонстрирует потенциал цифровизации для оптимизации государственного управления, сокращая зависимость от бумажного документооборота. Дальнейшее развитие проекта может включать расширение функционала для межведомственного взаимодействия и интеграцию с федеральными платформами электронного правительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбаков С.С. Адаптация концепции бережливого производства для применения в органах государственного управления // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов – 2012» / отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, М.В. Чистякова. М.: МАКС Пресс, 2012.
2. Лутцева В.А. Применение принципов бережливого производства в государственных учреждениях // Методы менеджмента качества. 2006. № 6.
3. Кутузова М.В. Использование системы бережливого производства лин с целью повышения эффективности предприятия // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2012. № 1-1. С. 81–84.

Русанова Екатерина Владимировна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Email: timofeeva_e@bsuedu.ru

УДК 339.13

Научный руководитель:
Безуглая Анна Евгеньевна,
доцент кафедры информационных систем,
СевГУ (Севастополь, Россия)

С.С. САВЧКОВ
S.S. SAVCHKOV

СОЗДАНИЕ СИМУЛЯТОРА БПЛА В СРЕДЕ UNREAL ENGINE С ПРИМЕНЕНИЕМ VR-ТЕХНОЛОГИЙ

DEVELOPMENT OF A UAV SIMULATOR IN UNREAL ENGINE USING VR TECHNOLOGIES

В данной статье рассматриваются современные подходы к разработке симуляторов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с использованием движка Unreal Engine и технологий виртуальной реальности (VR). Проведен анализ инструментов и методов проектирования реалистичных симуляций, включая физику полета, визуализацию окружающей среды и взаимодействие с VR-устройствами. Научная новизна заключается в систематизации решений для создания иммерсивных тренажеров БПЛА, а также в оценке эффективности применения VR для обучения операторов.

Ключевые слова: БПЛА; симулятор; Unreal Engine; виртуальная реальность; VR-тренажеры; физическое моделирование; Blueprints; C++.

This article explores modern approaches to developing unmanned aerial vehicle (UAV) simulators using Unreal Engine and virtual reality (VR) technologies. The study analyzes tools and methods for designing realistic simulations, including flight physics, environmental visualization, and interaction with VR devices. The scientific novelty lies in the systematization of solutions for creating immersive UAV training systems and evaluating the effectiveness of VR for operator training.

Keywords: UAV; simulator; Unreal Engine; virtual reality; VR training; physics simulation; Blueprints; C++.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) находят применение в различных сферах: от военных операций и мониторинга территорий, до доставки грузов и аэрофотосъемки. Обучение операторов требует значительных ресурсов, включая реальные полеты, что сопряжено с высокими затратами и рисками. В этой связи симуляторы БПЛА с VR-технологиями становятся эффективным инструментом для тренировки пилотов в контролируемых условиях.

Unreal Engine, благодаря реалистичной графике, поддержке VR и гибкости в программировании, является одной из наиболее подходящих платформ для создания симуляторов. Однако создание такого программного обеспечения требует учета многих аспектов, таких как реалистичная аэродинамика и физика полета, интуитивно понятное управление VR, реалистичная визуализация местности и погоды. Цель работы – проанализировать методы разработки симулятора БПЛА в Unreal Engine с использованием VR, оценить преимущества и ограничения различных подходов и предложить оптимальные решения.

Unreal Engine 5 представляет собой мощную платформу для создания профессиональных симуляторов, сочетающую передовые технологии визуализации с точными физическими расчетами. Благодаря модульной архитектуре движков позволяет разработчикам создавать комплексные решения, идеально адаптированные под конкретные задачи обучения операторов БПЛА.

Основу физического моделирования составляет движок *Chaos*, обеспечивающий реалистичную симуляцию аэродинамических процессов, столкновений и повреждений. Для программирования логики поведения доступны два взаимодополняющих подхода: визуальное программирование через Blueprints для быстрого прототипирования и низкоуровневая оптимизация на C++ для точной настройки критически важных систем.

Особое внимание заслуживают графические технологии движка. *Lumen* обеспечивает динамическое глобальное освещение, необходимое для достоверной передачи смены времени суток и различных погодных условий. *Nanite* позволяет работать с чрезвычайно детализированными 3D-моделями без потери производительности, что особенно важно при создании реалистичных виртуальных сред.

Широкая поддержка VR-устройств через OpenXR, SteamVR и Oculus SDK делает Unreal Engine универсальным решением для разработки симуляторов, совместимых с большинством современных шлемов виртуальной реальности, включая Quest, HTC Vive и Valve Index. При создании профессиональных симуляторов БПЛА особую ценность представляет интеграция специализированных решений. Открытый симулятор AirSim от Microsoft позволяет реализовать точную эмуляцию полетных характеристик, в то время как поддержка протоколов PX4 и ArduPilot обеспечивает совместимость с реальными системами управления дронами.

Для создания атмосферных эффектов активно используется система частиц *Niagara*, позволяющая моделировать дым, огонь, осадки и другие природные явления с высокой степенью реализма. Эти элементы существенно повышают достоверность виртуальной среды, что критически важно для эффективного обучения операторов.

Разработка эффективного симулятора требует тщательного анализа учебных сценариев и психофизиологических особенностей операторов. Методика создания таких систем основывается на принципах постепенного усложнения задач и максимального приближения условий тренировки к реальным ситуациям. Реалистичное поведение БПЛА в симуляторе достигается за счет точного расчета аэродинамических характеристик, включая подъемную силу, сопротивление и турбулентность. Особое внимание уделяется моделированию работы двигателей и систем стабилизации, а также учету внешних факторов – ветра, гравитации и других атмосферных явлений.

Базовые аэродинамические расчеты выполняются с помощью *Chaos Vehicle Physics*, однако для достижения максимальной точности часто требуется дополнительная доработка физической модели через программирование на C++. Это позволяет учесть специфические особенности конкретных моделей БПЛА и создать действительно достоверную симуляцию полета.

Разработка интерфейсов для VR-симуляторов представляет собой отдельную сложную задачу, требующую учета физиологических особенностей восприятия. Современные исследования в области человеко-машинного взаимодействия показывают важность правильного проектирования элементов управления и системы обратной связи. Особое внимание уделяется предотвращению кинетозов и других негативных эффектов длительного пребывания в виртуальной среде:

- контроллеры vs, геймпады – анализ удобства для пользователя;
- визуализация HUD – отображение данных полета (высота, скорость, заряд батареи);
- система меню – навигация в VR без снятия шлема.

Реалистичная виртуальная среда является ключевым компонентом эффективного симулятора. Для ее создания используются фотореалистичные карты на основе *Quixel Megascans*, дополненные системой динамической погоды, моделирующей дождь, туман и смену времени суток. Современные подходы сочетают процедурную генерацию ландшафтов с ручной настройкой критически важных элементов, что позволяет достичь оптимального баланса между разнообразием и контролируемостью учебных ситуаций. Особую реалистичность среде придает интеграция искусственного интеллекта, управляющего поведением других БПЛА и движущихся объектов в виртуальном пространстве.

Комплексное тестирование симулятора проводится на различных VR-устройствах, включая автономные системы (Quest 2), шлемы высокого разрешения (HTC Vive Pro 2) и решения с повышенной частотой обновления (Valve Index). Основными критериями оценки

являются стабильность кадровой частоты (не менее 90 FPS для комфортной работы), задержка ввода (motion-to-photon latency) и удобство интерфейса, определяемое через опросы пользователей.

Оптимизация производительности достигается за счет применения современных технологий, таких как динамическое управление уровнем детализации объектов (LOD), occlusion culling для исключения объектов, которые находятся за пределами видимости игровой камеры, из процесса рендеринга, а также использование алгоритмов DLSS/FSR, позволяющих повысить детализацию изображения без существенного роста нагрузки на систему.

Будущее симуляторов БПЛА связано с несколькими ключевыми направлениями развития. Реализация мультиплеерных режимов откроет новые возможности для совместных тренировок операторов, в то время как интеграция технологий дополненной реальности позволит накладывать виртуальные данные на реальное изображение с камер.

Особый интерес представляют облачные технологии, которые могут обеспечить оффлоад ресурсоемких вычислений рендеринга на серверную инфраструктуру, что особенно актуально для мобильных VR-устройств с ограниченной вычислительной мощностью. Эти инновации в сочетании с постоянным совершенствованием методов искусственного интеллекта и машинного обучения открывают новые горизонты в создании эффективных систем подготовки операторов БПЛА. Разработка симулятора БПЛА в Unreal Engine с поддержкой VR-технологий открывает новые перспективы в области профессиональной подготовки операторов. Такой подход не только существенно сокращает затраты на обучение, но и позволяет отрабатывать сложные и опасные сценарии в полностью контролируемой виртуальной среде. Особую ценность представляет возможность многократного повторения критических ситуаций без риска повреждения дорогостоящего оборудования, что делает обучение одновременно эффективным и безопасным.

Ключевыми факторами успеха при создании VR-симулятора являются:

- реалистичная физика и точное моделирование систем управления;
- оптимизированная графика, обеспечивающая комфортное погружение;
- интуитивный интерфейс, учитывающий эргономику VR-среды.

Перспективы развития данного направления связаны с глубокой интеграцией искусственного интеллекта для создания адаптивных сценариев обучения, использованием облачных технологий для распределенных тренировок, а также расширением мультиплеерных возможностей для отработки групповых операций. Особый интерес представляет комбинирование VR с технологиями дополненной реальности, что позволит создавать гибридные тренировочные системы нового поколения. В долгосрочной перспективе такие симуляторы могут стать основой для создания единых стандартов подготовки операторов БПЛА в различных отраслях – от военного применения до гражданской авиации и логистики.

Таким образом, сочетание возможностей Unreal Engine и VR-технологий создает мощную платформу для разработки профессиональных тренажерных комплексов, способных не только имитировать реальные условия, но и открывающих новые возможности в области обучения и оценки навыков операторов БПЛА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доступно о кватернионах и их преимуществах. [Электронный ресурс] - URL: <https://clck.ru/3LDm7G> (Дата обращения: 06.07.2024)
2. Виртуальный квадрокоптер на Unity + OpenCV (Часть 1). [Электронный ресурс] - URL: <https://clck.ru/3LDjXo> (Дата обращения 05.03.2025)
3. Unreal Engine Simulation for Unmanned Aerial Vehicles. [Электронный ресурс] - URL: <https://clck.ru/3LDhHe> (Дата обращения: 05.03.2025)

4. Теория и практика БПЛА, или как я учился в Школе дронов МАИ. [Электронный ресурс] - URL: <https://clck.ru/3LDhFK> (Дата обращения 06.03.2025)

5. Unreal Engine 5 и VR с нуля. Часть 4. Разбираем Enhanced Input для VR и создаем своё плавное передвижение в VR. [Электронный ресурс] - URL: <https://clck.ru/3LDhB5> (Дата обращения 08.04.2025)

6. Irina H., Tianyun Y., Buyi G.,. Realistic 3D Drone Simulation with Path-Planning in Unreal Engine 5. [Электронный ресурс] - URL: <https://clck.ru/3LDgno> (Дата обращения 08.04.2025)

Савчков Сергей Сергеевич

Севастопольский государственный университет (г. Севастополь, Россия)

Студент кафедры информационных систем

Email: seregasavchikov@gmail.com

УДК 504.064.36

*Научный руководитель:
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

И.А. САННИКОВА
I.A. SANNIKOVA

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ ESP32 DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM BASED ON THE ESP32 MODULE

Статья посвящена разработке автоматизированной системы экологического мониторинга на базе модуля ESP32. Представлено описание аппаратной части системы, включающей модуль спутниковой навигации и набор датчиков для измерения ключевых параметров окружающей среды, таких как температура, влажность, атмосферное давление, уровень радиации, концентрация различных газов. В работе представлен прототип устройства, демонстрирующий функциональность разработанной системы

Ключевые слова: сети; интернет вещей (IoT); Wi-Fi модуль ESP32; среда разработки ArduinoIDE; экологический мониторинг.

The article is devoted to the development of an automated environmental management system based on the ESP32 module. A description of the system hardware is presented, including a satellite navigation module and a set of sensors for measuring environmental parameters such as temperature, humidity, atmospheric pressure, radiation level, and concentration of various gases. The paper presents a prototype of the device demonstrating the functionality of the developed system.

Keywords: networks; internet of things (IoT); ESP 32 Wi-Fi module; Arduino IDE; development environment; environmental monitoring.

Основной задачей экологической безопасности является мониторинг окружающей среды. Экологический мониторинг – это систематический сбор, обработка и анализ данных о состоянии окружающей среды с целью оценки текущих условий, выявления изменений и прогнозирования возможных последствий человеческой деятельности и природных процессов [1]. В системе экологического мониторинга выделяют несколько подсистем, контроль за которыми входит в компетенцию соответствующих государственных органов. В их число входит мониторинг атмосферного воздуха, почвы, водных ресурсов, радиационной обстановки и т.д. [2]. Кроме обширного количества наблюдаемых объектов, различаются и факторы загрязнения, так показания в одном регионе могут отличаться от другого. Учитывая разнообразие направлений мониторинга и факторов загрязнения окружающей среды, возрастает необходимость внедрения современных технологий для повышения эффективности наблюдений

Таким образом, все большее распространение получают автоматизированные системы экологического мониторинга, основанные на технологиях Интернета вещей (IoT) [3]. Применение микроконтроллеров с возможностью беспроводной передачи данных, таких как ESP32, позволяет создавать распределенные сети датчиков, способные осуществлять непрерывный мониторинг различных параметров окружающей среды. Данный подход обеспечивает высокую оперативность получения информации, снижает стоимость мониторинга и позволяет охватить большие территории. В данной статье представлена разработка автоматизированной системы экологического мониторинга на базе модуля ESP32, которая предназначена для сбора данных о ключевых параметрах атмосферного воздуха и контроля радиационного фона.

Главными функциями разрабатываемой системы являются:

- возможность как стационарного, так и портативного использования;
- сбор данных (атмосферное давление, температура, влажность, параметры окружающего воздуха и т.д.);
- контроль радиационной обстановки при помощи дозиметра на базе счетчика Гегера-Мюллера;
- обработка данных, полученных от датчиков;
- привязка к местности на основе данных от модуля спутникового позиционирования.

Исходя из функций и требований разрабатываемой системы были выбраны датчики температуры, влажности, атмосферного давления, дозиметр, газовый сенсор и модуль спутникового позиционирования.

Для реализации данной системы необходим высокопроизводительный микроконтроллер с достаточным количеством выводов общего назначения, возможностью подключения периферии с помощью UART, I2C. Так была выбрана плата разработки ESP-WROOM-32 DevKit v1 на основе модуля ESP32-WROOM. Сам модуль основан на чипе ESP32-D0WDQ6, который содержит 2х-ядерный 32-битный процессор с тактовой частотой от 80 МГц до 240 МГц и памятью ROM на 448 КБ и SRAM на 520 КБ [4].

Модуль ESP32 поддерживает беспроводной обмен данными через Wi-Fi и Bluetooth, что выделяет его среди конкурентов и позволяет использовать его для реализации более широкого спектра проектов в области интернет вещей (IoT) без использования большого количества периферии. Плата разработчика представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – ESP-WROOM-32 DevKit v1

Контроль газов в составе атмосферного воздуха осуществляется с помощью датчика из серии MQ. Сам датчик представляет собой газовый сенсор, работающий на принципе изменения сопротивления полупроводникового материала при воздействии определенных газов.

Датчики данной линейки различаются чувствительностью к определенным газам (таблица 1), поэтому выбор конкретной модели зависит от необходимых показаний.

Таблица 1 – Серия датчиков MQ

Модуль датчика	Обнаруживаемые газы
MQ-2	Пропан, бутан, метан, дым, водород
MQ-3	Алкоголь, бензол, гексан
MQ-4	Метан, природный газ
MQ-5	Пропан, бутан
MQ-6	Сжиженных углеводородных газов, пропан, бутан
MQ-7	Угарный газ
MQ-8	Водород
MQ-9	Угарный газ, метан
MQ-135	Аммиак, бензол, алкоголь, дым

Для радиационного мониторинга использован датчик RadSens, представляющий собой дозиметр, измеряющий уровень радиации в окружающей среде. Устройство передает по интерфейсу I2C три значения [5]:

- stt – количество зарегистрированных импульсов с момента последнего запроса по шине I2C
- dyn – интенсивность излучения (мкР/ч) с алгоритмом регистрации локальных источников и загрязнений с динамическим диапазоном времени расчета
- pls – интенсивность излучения (мкР/ч) с алгоритмом сильного усреднения, для точного измерения излучения за большой промежуток времени (500с).

BME280 – это интегральный датчик давления, влажности и температуры. При своих характеристиках его выделяют маленькие габариты (рис. 2), даже при использовании на плате с уже встроенной периферией [6].

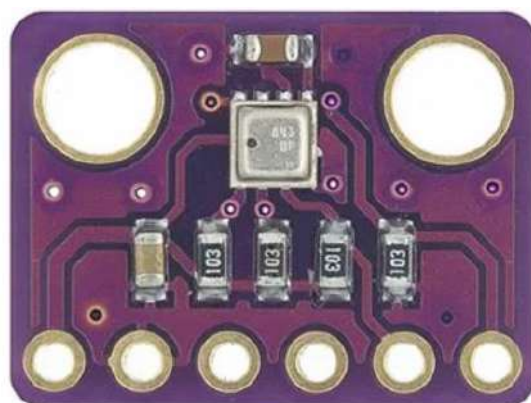


Рисунок 2 – Датчик BME280

Привязка к местности в реальном режиме времени осуществляется с помощью модуля NEO-M8T-0-10. Это GPS-модуль, производимый швейцарской компанией u-blox, специализирующейся на разработке высокопроизводительных навигационных модулей.

Модуль поддерживает множественные спутниковые системы: GPS, BeiDou, Galileo, QZSS в том числе и российскую GLONASS. Также есть возможность подключения через стандартизированные интерфейсы UART, I²C и SPI для легкой интеграции в различные проекты [7].

Для автономной работы системы предусмотрено питание от литий-ионных батарей. Программирование осуществляется с помощью среды разработки Arduino IDE. На каждые представленные датчики есть несколько библиотек.

На рисунке 3 представлена структурная схема с примерной комбинацией использованной периферии.

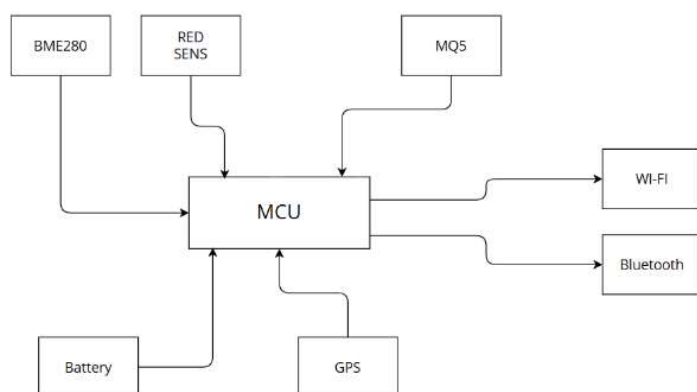


Рисунок 3 – Структурная схема первого варианта устройства

Особенностью разрабатываемой системы является модульный подход, позволяющий менять и расширять конфигурацию датчиков и периферии. Все датчики можно подключить с помощью интерфейса I2C, и опрашивать с заданной периодичностью, выводя информацию как на OLED-дисплей, так и в разработанном приложении. Возможно подключение через UART GPS-модуля, а остальную периферию через I2C.

В рамках исследования проведено макетирование и создан прототип системы, представленный на рисунке 4.

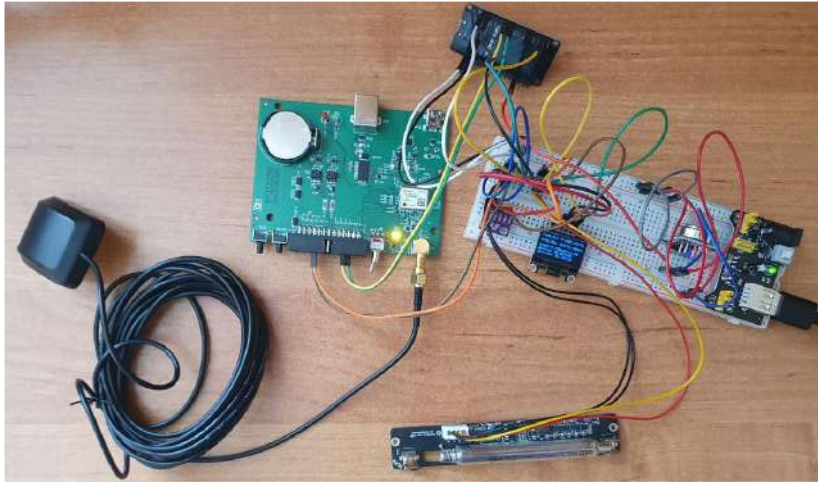


Рисунок 4 – Прототип системы

В статье представлена разработка прототипа автоматизированной микроконтроллерной системы экологического мониторинга на базе модуля ESP32. Созданный прототип демонстрирует возможность непрерывного сбора данных об окружающей среде, включая автономную работу и определение местоположения с помощью спутниковой навигации, что обеспечивает быстрый доступ к актуальной информации. Модульная архитектура системы позволяет легко модифицировать и расширять ее функциональность как на программном, так и на аппаратном уровне. Дальнейшее развитие проекта нацелено на создание интерфейса для отображения данных, настройки параметров системы и управления устройством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 14.03-2005. Экологический менеджмент. Воздействующие факторы. Классификация = Ecological management. Influence factors. Classification : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2005 г. № 520-ст : введен впервые : дата введения 2009-01-01 / РАЗРАБОТАН ООО "НИИ экономики, связи и информатики "Интерэкомс" – Москва : Стандартинформ, 2005 – 20 с. – Текст : непосредственный
2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон № 7-ФЗ : принят Государственной думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года
3. Waher, P. Learning Internet of Things / P. Waher – Birmingham : Packt Publishing, 2017. – 242 с.: ил. ; 35 см. – ISBN 978-1-78355-353-2 – Текст : непосредственный
4. ESP32 Series Datasheet. – Текст : электронный // Espressif : [сайт]. – URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (дата обращения: 30.03.2025).
5. RadSens. – Текст : электронный // ClimateGuard : [сайт]. – URL: <https://climateguard.ru/radsens/> (дата обращения: 30.03.2025).

6. BME280 Datasheet. – Текст : электронный // Bosch Sensortec : [сайт]. – URL: <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf> (дата обращения: 01.04.2025).

7. NEO/LEA-M8T series. – Текст : электронный // U-blox : [сайт]. – URL: <https://www.u-blox.com/en/product/neolea-m8t-series> (дата обращения: 03.04.2025).

Санникова Ирина Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: sannikova.irina.05@gmail.com

Научный руководитель:
Шеметова Ольга Михайловна,
 ассистент кафедры информационных
 и робототехнических систем,
 НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Г.И. СЕВОСТЬЯНОВ
 G.I. SEVOSTYANOV

УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ ЧЕРЕЗ БРОКЕР СООБЩЕНИЙ CONTROLLING A ROBOT VIA A MESSAGE BROKER

Статья посвящена исследованию роли брокеров сообщений как ключевого компонента распределенных систем, обеспечивающих эффективный асинхронный обмен данными между приложениями. Особое внимание уделено анализу характеристик выбора брокера, визуализированных в интеллектуальной карте, и процессам передачи данных, представленным в BPMN-диаграммах. В статье показаны преимущества использования брокеров сообщений в микросервисной архитектуре, включая гибкость интеграции, поддержку множества протоколов и возможность масштабирования через гексагональную архитектуру с адаптерами. Подчеркивается важность разделения бизнес-логики и интеграционных процессов для устойчивости системы. На примере swarm-робототехники и кейсов компаний Ozon и Uber продемонстрированы практические аспекты применения технологии.

Ключевые слова: брокер сообщений, BPMN, обмен сообщениями, управление роботом.

The article is devoted to the study of the role of message brokers as a key component of distributed systems that provide efficient asynchronous data exchange between applications. Particular attention is paid to the analysis of broker selection characteristics visualized in a mind map and data transfer processes presented in BPMN diagrams. The article shows the advantages of using message brokers in a microservice architecture, including flexibility of integration, support for multiple protocols, and the ability to scale through a hexagonal architecture with adapters. The importance of separating business logic and integration processes for system stability is emphasized. Practical aspects of using the technology are demonstrated using swarm robotics and Ozon and Uber cases.

Keywords: message broker, BPMN, messaging, robot control.

Брокер сообщений это один из ключевых компонентов распределенной системы. Данное программное обеспечение облегчает обмен информацией между приложениями. Данная технология позволяет строить легко масштабируемую распределенную информационную систему. На рисунке 1 составлена интеллектуальная карта, в которой отображены характеристики необходимые для выбора брокера сообщений.

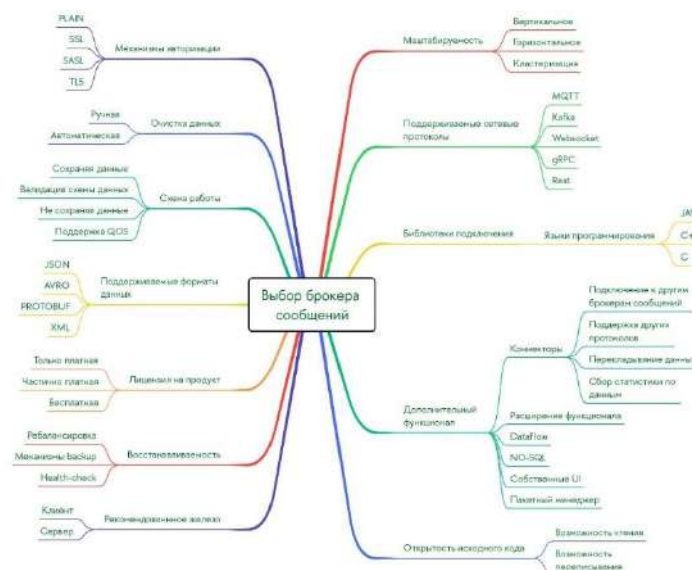


Рисунок 1 – Интеллектуальная карта по выбору брокера сообщений

Проведя анализ среди различных, реализация брокеров была составлена интеллектуальная карта, в которой отображены характеристики необходимые чтобы разобраться в основных компонентах брокера сообщений. Одним из компонентов является отправитель (Producer), т.е. устройство, которое отправляет сообщения на сервер к брокеру сообщений. Данные попадают в указанный потребителем топик. Топик – это некий чат по определенной тематике. Такие чаты могут создаваться автоматически или же ручным способом. Этот чат имеет разделение на так называемые патриции. Топик может содержать один или более патриций. Партиция – это очередь сообщений, которая не может быть как-то исправлена. Каждое сообщение в партици помечается уникальным идентификатором, и каждая партиция разбита на сегменты [1-2].

Следующим компонентом идёт Потребитель (Consumer) – это программная реализация, которая приходит к брокеру за сообщениями. Есть различные реализации вычитки из очереди, когда брокер помечает, что необходимо забрать сейчас или же когда «умный» потребитель знает от какой метке необходимо забирать данные. BPMN процесс работы брокера сообщения [3].

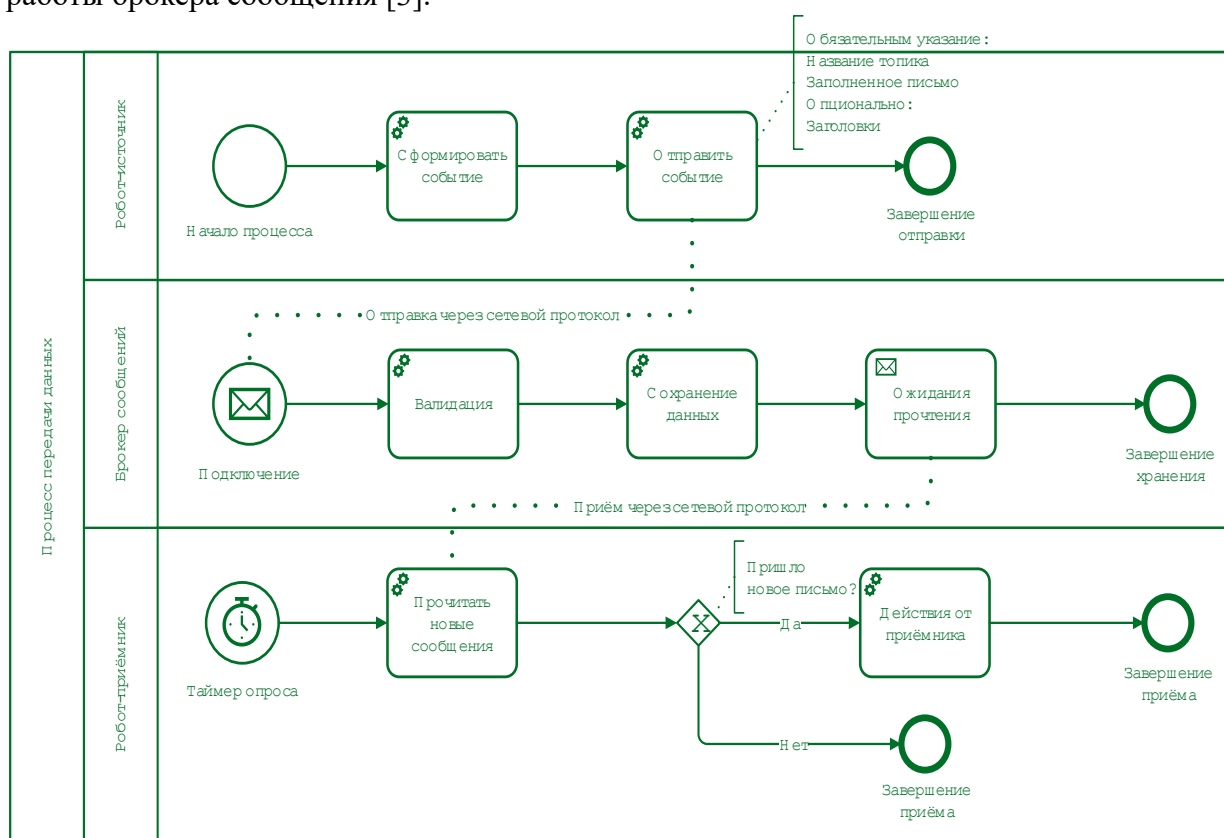


Рисунок 2 – BPMN процесс работы передачи данных через брокер сообщения

Технологическое решение использования брокеров сообщений позволяет отделять слои приложений-источников и приложений-приемников. Это значительно повышает гибкость использования всеми слоями и добавляет возможности добавления новых приложений. Каждое приложение может работать на определенном протоколе. Брокер сообщений может поддерживать несколько сетевых протоколов. Самое главное, чтобы сообщения были в одном формате для системы источника и для системы приёмника

С помощью брокера сообщений можно объединять сообщения от одного источника для отправки нескольким сервисам одновременно. Использование учетных данных для каждого подписчика и разбиение их на группы позволяет настраивать «умного» подписчика, который может сотрудничать в группе и правильно выбирать сообщения для вычитывания из топика. Данные особенности очень полезны для микросервисной архитектуры. По построению данную архитектуру можно назвать гексагональной [4].

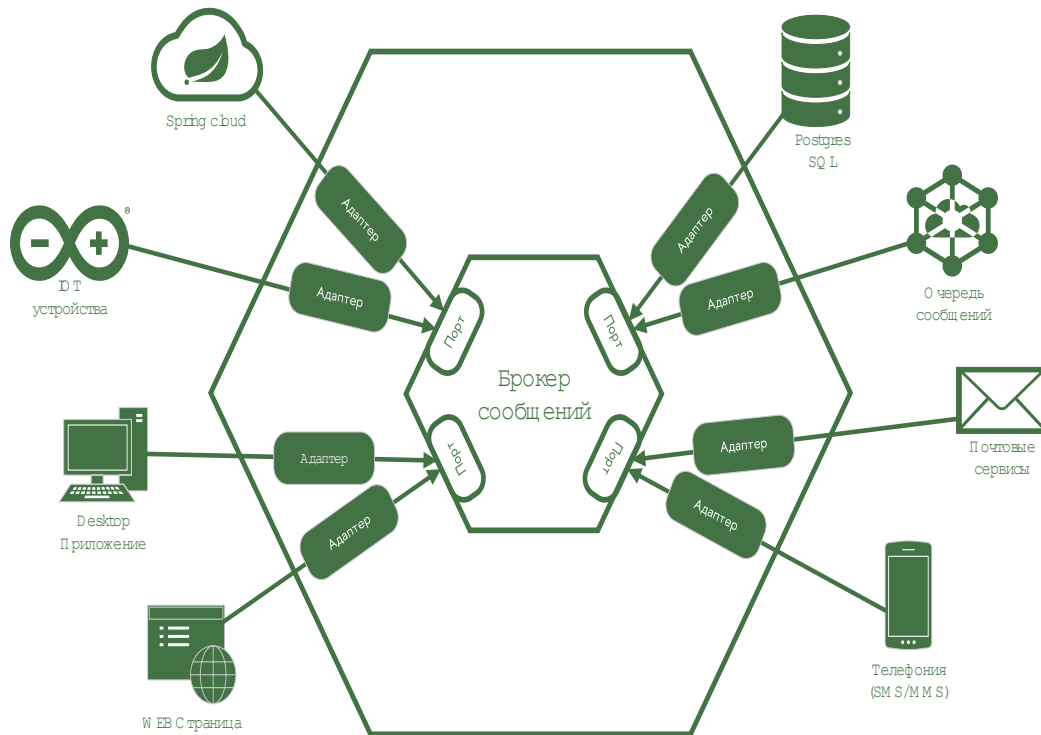


Рисунок 3 – Гексагональная архитектура брокер сообщений

Одно из целей гексагональной архитектуры является разделение компонентов бизнес-процессов от интеграционных процессов. Компоненты соединены друг с другом через ряд открытых «портов». Для каждого компонента существует «адаптер», который использует API. Через него можно обращаться как в одну сторону, так и в другую. Порт может иметь несколько адаптеров. Каждый адаптер может быть взаимозаменяемым. Данное решение помогает не затрагивать бизнес логику, которая находится у каждого компонента, а расширение количества адаптеров позволяет масштабировать передачи данных между новыми сервисами и добавление новых адаптеров позволяет использовать новые технологии и безболезненно поддерживать старые адаптеры. Разобравшись с техническими возможностями, брокер сообщений, можно перейти к рассмотрению уже готовых решений, которые используются для передачи данных.

Существует направление swarm-робототехники, когда необходимо сплнить большое количество различных модулей, которые могли бы между собой собираться во что – то единое и обмениваться информацией. В решении создание роевого интеллекта каждое устройство выглядит как отдельное существо, которое может обладать набором правил для общения.

Решеная задачу передачи данных между большим количеством роботов начинают появляться проблемы. Если на небольшое количество роботов данная задача еще решается, то вот на большое количество не хватает вычислительной мощности. Каждому элементу данной системы необходимо выполнять свою логику, так еще и быть приёмником-передатчиком, что накладывает свои ограничения. Также необходимо позиционирование по всем системам координат, что делает задачу еще сложнее, потому как не все датчики смогут такое выполнить [5].

Брокеры сообщений передают маленькие пакеты данных, которые составляют не более 35 килобайт. Пакеты данных же передаются в асинхронном режиме. Из-за асинхронного режима возникают неполадки в плане дублирования сообщений или вовсе не доставки их до конечного потребителя. Так как есть множество решений передавать данные, то для использования централизованно или децентрализованно брокеров сообщений, необходимы некоторые адаптеры, которые смогут решить данную проблему.

В зависимости от требований передачи и скорости, и нагрузки необходимо персонально подбирать или создавать адаптеры. Также необходимо не забывать технологию передачи данных, которую должен поддерживать мост. Пример архитектуры, как должен выглядеть брокер сообщений для использования с роботами.

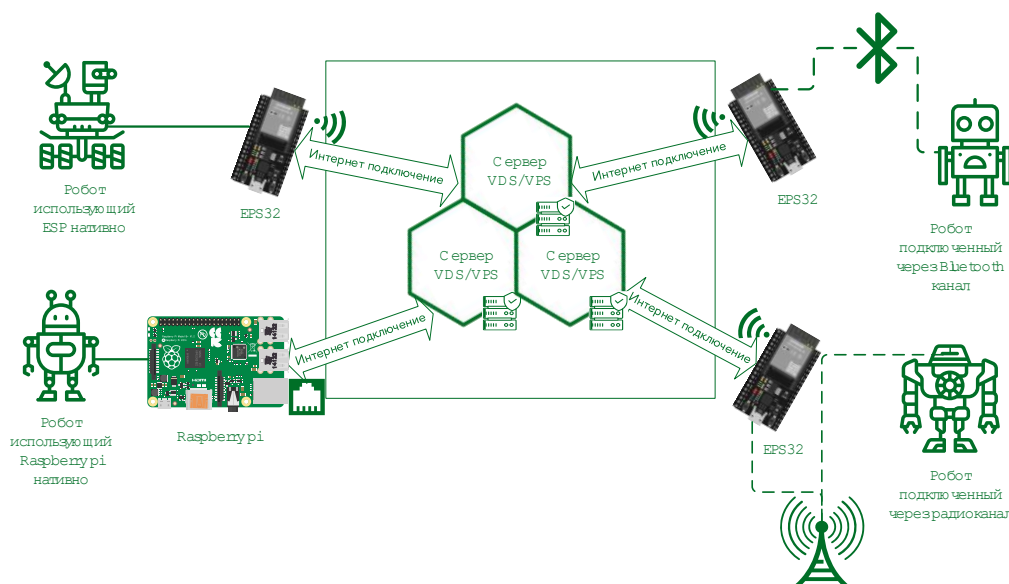


Рисунок 4 – Объединенные сервера, к которым подключено множество устройств

Технологию брокеров сообщений используют большинство известных компаний, которые обмениваются определенным кругом событий. Пример удачного использования брокера – это компания Ozon, Uber. Компания Ozon обладает большим количеством клиентов, которые нажимают на кнопку «Оформить покупку». После нажатия данной кнопки приходит сообщение с необходимыми полями заполненными значениями в брокер сообщений. Сообщений сохраняется на некоторое количество дней и далее продавец может вычитать данное сообщение у себя и начать складывать товар. При сборке товара меняется статусная модель, что происходит с товаром. Продавец и доставщики связываются друг с другом через отправку событий в брокер сообщений используя мобильные устройства. Без больших трудозатрат можно понять на каком этапе заказ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвичева К.С., Долгачев М.В. Бумажная промышленность: Kafka против RabbitMQ. Сравнительное исследование двух отраслевых эталонных реализаций publish/subscribe / К.С. Москвичева, М.В. Долгачев // Форум молодёжной науки, Выпуск 1, № 4. 2020. – С. 3-17.
2. Дилан Скотт, Виктор Гамов, Дейв Клейн. Kafka в действии / пер. с англ. А.Н. Киселева. – М.: ДМК Пресс, 2022 – 310 с.
3. Попова, Ю. Б. Тестирование и отладка программного обеспечения: пособие. – Минск: БНТУ, 2020. – 66 с.
4. Акрамовский Р.Н Автоматизация документооборота на предприятии с помощью брокера сообщений. // Сборник материалов научно-практических конференций. Дни науки студентов владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Сборник материалов научно-практических конференций. 2019. – С. 1091-1097. с.
5. Якунович, А. В. Брокеры сообщений / А. В. Якунович, А. С. Север, Ю. А. Чистякова // Информационные технологии. Физика и математика : материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января - 17 февраля 2023 г. - Минск : БГТУ, 2023. – С. 79-82.

Севостьянов Глеб Игоревич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1279214@bsuedu.ru

Научный руководитель:
Гахова Нина Николаевна,
доцент кафедры прикладной информатики
и информационных технологий,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

В.А. ТАРАН
V.A. TARAN

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ РАЗМЕЧЕННЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ СТЕН ТОННЕЛЕЙ

METHODOLOGY FOR CREATING LABELED DATASETS FOR TUNNEL WALL DAMAGE DETECTION TASKS

В статье представлен подход к созданию датасета для задач детектирования повреждений стен тоннелей с использованием данных лидарного сканирования. Предложенная методика включает этапы проекции облаков точек на двумерную плоскость и автоматической разметки. Методика может быть использована для обучения моделей машинного обучения, способных выявлять различные типы дефектов, такие как трещины, деформации и выбоины.

Ключевые слова: лидар, мониторинг, обнаружение повреждений, автоматическая разметка, машинное обучение.

The article presents an approach to the development of a dataset for tunnel wall damage detection using LiDAR scanning data. The proposed methodology involves projecting point clouds onto a two-dimensional plane and applying automatic labeling to simplify data processing and improve quality. The resulting dataset can be utilized to train machine learning models capable of detecting various types of defects, such as cracks, deformations, and potholes.

Keywords: LiDAR scanning, monitoring, damage detection, automatic labeling, machine learning.

Состояние тоннелей играет ключевую роль в обеспечении безопасности транспортной и инженерной инфраструктуры. Регулярный мониторинг и своевременное обнаружение повреждений, таких как трещины, деформации или отслоения, позволяют минимизировать риски аварий и снизить затраты на ремонт. Традиционные методы обследования тоннелей, включая визуальный осмотр и использование простых инструментов, часто трудоемки, субъективны и не обеспечивают необходимой точности [1].

С развитием технологий сканирования LiDAR (Light Detection and Ranging, «обнаружение и определение дальности с помощью света») появилась возможность точного и масштабируемого анализа объектов инфраструктуры.

Датчики LiDAR позволяют создавать детализированные 3D-облака точек, содержащие информацию о геометрии объектов с высокой степенью точности. Однако обработка таких данных для решения задач автоматического детектирования повреждений требует значительных усилий, особенно на этапе подготовки и разметки датасетов [2].

В данной статье предложена методика автоматической подготовки датасета для обнаружения повреждений в стенах тоннелей на основе данных измерений с датчика LiDAR. Основное внимание уделено проецированию 3D-облаков точек на 2D-плоскость.

Цель исследования заключается в разработке методики, которая позволяет создавать размеченные датасеты для задач детектирования повреждений, что станет основой для построения высокоточных систем мониторинга состояния тоннелей.

Обеспечение безопасности и долговечности тоннельных сооружений требует регулярного мониторинга их состояния. В последние годы лидарные технологии привлекли внимание благодаря своей способности обеспечивать высокоточное и детализированное сканирование инфраструктурных объектов [1].

Традиционные методы диагностики тоннелей включают визуальные инспекции, ультразвуковое и инфракрасное обследование. Однако эти подходы могут быть ограничены в условиях плохой освещенности или труднодоступных местах. Автоматизированные системы, основанные на компьютерном зрении и анализе изображений, позволяют повысить объективность и эффективность обнаружения дефектов. Например, использование цифровой фотограмметрии и термографии позволяет выявлять скрытые дефекты в конструкциях тоннелей [2].

Лидар – это технология дистанционного зондирования, использующая лазерное излучение для измерения расстояний до объектов и создания их трехмерных моделей. В контексте мониторинга инфраструктуры лидарные системы позволяют:

- проводить высокоточное сканирование поверхностей тоннелей, выявляя даже незначительные дефекты;
- создавать трёхмерные модели;
- обеспечивать оперативный сбор данных без необходимости прекращения эксплуатации объекта [3].

Для обучения моделей машинного обучения, способных автоматически обнаруживать повреждения, необходимы качественные размеченные датасеты. Основные проблемы при создании размеченных датасетов включают:

- обработка больших объемов данных. Лидарные сканирования генерируют огромные массивы точек, требующие значительных вычислительных ресурсов для обработки;
- разметка данных. Ручная аннотация 3D-облаков точек трудоемка и подвержена человеческому фактору.

В данном исследовании была разработана методика, включающая обработку данных, полученных с лидарного датчика, их преобразование и автоматическую генерацию дефектов. Это позволяет подготовить данные для обучения моделей машинного обучения. Для анализа использовались данные, полученные при сканировании тоннеля с помощью лидарного датчика. Датчик фиксировал такие параметры, как метка расстояния, угол сканирования, дальность сигнала и его интенсивность. Данные представлены в текстовом файле в формате строк вида расстояние-угол-дальность-интенсивность, разделённых символом табуляции.

Поскольку данные LiDAR представляют собой массив из точек в пространстве, для упрощения восприятия и дальнейших манипуляций они были спроецированы на двумерную плоскость. Код перевода точек представляет собой отображение их на графике и приведён в листинге 1. Пример визуализированных данных представлен на рисунке 1.

Листинг 1 – Отображение данных на двумерном графике

```
import pandas as pd
from matplotlib import pyplot as plt
columns = ["Расстояние", "Угол", "Дальность", "Интенсивность сигнала"]
file_path = 'raw/data.csv'
data = pd.read_csv(file_path, sep='\t', names=columns)
plt.scatter(data['Расстояние'], data['Угол'], c=data['Дальность'], cmap='viridis')
plt.colorbar(label='Дальность')
plt.xlabel("Расстояние, м")
plt.ylabel("Поворот, °")
plt.show()
```

На рисунке 1 оси OY соответствуют градусы, а оси OX – метка расстояния. При помощи цветовой карты закодированы параметры дальности. То есть, чем ближе точка к желтому – тем она дальше.

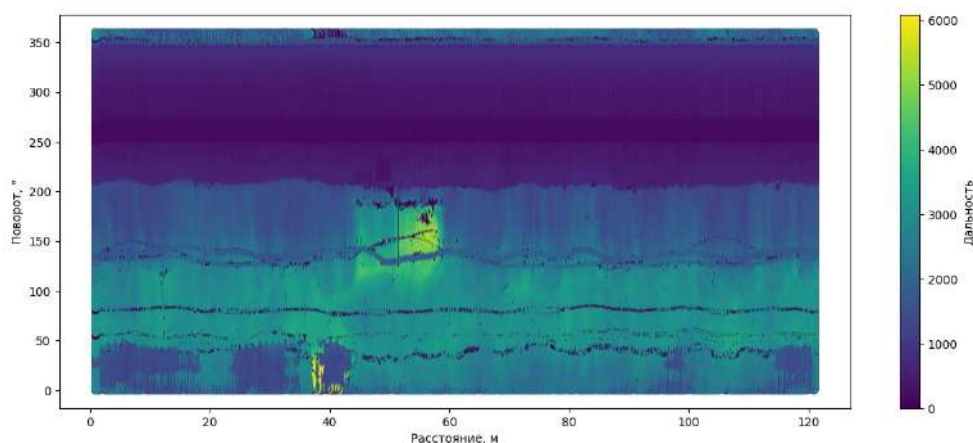


Рисунок 1 – Визуализация отсканированных точек

Далее массив точек можно представить при помощи двухмерной матрицы и дальше порождать данные для обучения нейросети. Код для размещения случайного изображения дефекта поверх матрицы представлен в Листинге 2.

Листинг 2 – Размещение изображений случайных дефектов

```
def put(filename: str, src: np.ndarray) -> tuple[np.ndarray, Report]:
    random.seed(time.time())
    N = random.randint(1, 5)

    scene_height, scene_width = src.shape

    for _ in range(N):
        defect = Image.open(f'defect_{N}.png')
        damage_height, damage_width = defect.shape

        x = random.randint(0, src.shape[1] - defect.shape[1])
        y = random.randint(0, src.shape[0] - defect.shape[0])

        combined = src.copy()
        combined[y:y + damage_height, x:x + damage_width] = np.maximum(combined[y:y +
        damage_height, x:x + damage_width], defect)

        src = combined

    return combined
```

Визуализация размещённого дефекта приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Визуализация размещённого дефекта

Модифицировав вышеперечисленные листинги, можно подготовить синтетические данные для обучения нейросети для детектирования подобных дефектов.

Разработанный датасет, основанный на лидарных данных с автоматической разметкой повреждений, предоставляет широкие возможности для обучения и тестирования моделей машинного обучения, направленных на детектирование дефектов в стенах тоннелей.

Использование подготовленного датасета позволяет эффективно обучать различные модели машинного обучения, включая:

- сверточные нейронные сети (CNN). Широко применяются для анализа изображений и способны выявлять сложные паттерны, характерные для различных типов повреждений [4];

- модели на основе градиентного бустинга такие как XGBoost, демонстрирующие высокую точность в задачах классификации и регрессии [5];

- рекуррентные нейронные сети (RNN).

Применение обученных моделей на основе разработанного датасета позволяет выявлять различные типы повреждений, такие как трещины, деформации, отслоения покрытия.

Разработанный подход к созданию и разметке датасета может быть адаптирован для мониторинга других объектов инфраструктуры, такие как мосты, дорожные покрытия, фасады зданий.

Представленный подход демонстрирует, что преобразование трехмерных облаков точек в двумерное представление упрощает обработку данных, сохраняя при этом необходимую пространственную информацию.

Практическое применение предложенного подхода включает обучение моделей машинного обучения, которые способны надежно выявлять повреждения различных типов, таких как трещины, деформации и выбоины. Использование разработанного датасета в комбинации с алгоритмами компьютерного зрения и анализа данных открывает новые возможности для автоматизации инфраструктурного мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бопп В.А. Роль лидара в современных транспортных средствах // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-lidara-v-sovremennyh-transportnyh-sredstvah> (дата обращения: 20.04.2025).

2. Соргутов И.В. Технологии дистанционного зондирования и их применение при проведении оценки технического состояния зданий и сооружений // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-distantsionnogo-zondirovaniya-i-ih-primenenie-pri-provedenii-otsenki-tehnicheskogo-sostoyaniya-zdaniy-i-sooruzheniy> (дата обращения: 20.04.2025).

3. V.N. Lednev, M.Ya. Grishin, P.A. Sdvizhenskii, V.A. Zavozin, S.M. Pershin, A.F. Bunkin Developing Compact LIDAR Systems: Size and Eye-Safety Matters // Сборник трудов конференции «International Conference on Advanced Laser Technologies (ALT)». 2022. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/developing-compact-lidar-systems-size-and-eye-safety-matters> (дата обращения: 20.04.2025).

4. Скрипачев В. О., Гуйда М. В., Гуйда Н. В., Жуков А. О. Особенности работы сверточных нейронных сетей // International Journal of Open Information Technologies. 2022. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-raboty-svertochnyh-neyronnyh-setey> (дата обращения: 20.04.2025).

5. Потехин В.В., Ассалама Лара Hand Gesture Recognition Using Seng With Xgboost, And Averaging For Augmentation // SAEC. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hand-gesture-recognition-using-seng-with-xgboost-and-averaging-for-augmentation> (дата обращения: 20.04.2025).

Таран Виталий Алексеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

E-mail: 1347746@bsuedu.ru

*Научный руководитель:
Лозовая Светлана Юрьевна,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

С.В. ТЕСЛЯ, Е.А. СЕРГЕЕВ
S.V. TESLYA, E.A. SERGEEV

СПОСОБЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

METHODS AND EQUIPMENT FOR PRODUCING MINERAL WOOL

В статье приводится краткая характеристика рынка минеральной ваты, описаны их свойства и перспективы развития. Рассматриваются способы производства таких материалов с описанием работы оборудования, а также возможные методы наладки элементов оборудования в случае их выхода из строя.

Ключевые слова: минеральная вата; каменная вата; волокно, центрифуга; валок.

The article provides a brief description of the mineral wool market, describes their properties and development prospects. The methods of production of such materials are considered with a description of the operation of the equipment, as well as possible methods of adjusting the elements of the equipment in case of their failure.

Keywords: mineral wool; rock wool; fiber, centrifuge; roller.

В последние годы в связи с ростом строительства жилья увеличился выпуск теплоизоляционных материалов, в частности, каменной ваты. Так, 2021 год завершился приростом ее выпуска в 9,8%, в 2023 г. - на 9,1%, а в 2024 году производители вынуждены устанавливать квоты на поставки, стоимость продукции достигла в 182 млрд. руб.

Сегмент теплоизоляции из минеральной ваты полностью восстановился после 2022 года и продолжил свое развитие.

В настоящее время основным оборудованием для переработки силикатного расплава в минеральное волокно являются дутьевые, центробежные и комбинированные машины. Самым производительным является центробежный способ, основной машиной которого является многовалковая центрифуга. Основным органом, влияющим на продолжительность работы центрифуги, являются валки, изготовленные из Ст 20, время работы до замены которых, составляет 46-50 часов. Увеличение работоспособности валков с применением новых износостойких материалов при изготовлении и при технологии восстановления является актуальной задачей.

Минеральная вата согласно [1] в зависимости от сырьевых материалов бывает:

- стеклянная вата (минеральная вата, изготовленная из расплава стекла);
- каменная вата (минеральная вата, изготовленная преимущественно из расплава изверженных горных пород);
- шлаковая вата (минеральная вата, изготовленная из расплава доменного шлака).

Ведущие мировые производители в качестве сырья используют исключительно горные породы, что позволяет получать минеральную вату высокого качества с длительным сроком эксплуатации. Именно её рекомендуется применять для ответственных конструкций – в случае, когда требуется их многолетняя надежная работа [2, 3].

Ее производство состоит из следующих этапов:

- загрузка плавильного агрегата сырьевыми материалами;
- плавка в плавильном агрегате;
- получение волокна;

- осаждение волокон каменной ваты;
- формирование ковра из ваты;
- полимеризация тепловой обработкой;
- упаковка каменной ваты.

В настоящее время наиболее перспективным способом волокнообразования является комбинированный центробежно-валковый. Этим способом получают минеральное волокно из расплава под действием центробежных сил, создаваемых центрифугами. В зависимости от количества валков центрифуги разделяют на одно-, двух-, трех-, четырехвалковые и т.д., а по числу передач расплава между рабочими органами – на одно- и многоступенчатые. Наиболее распространены четырехвалковые центрифуги (рис. 1) [2].

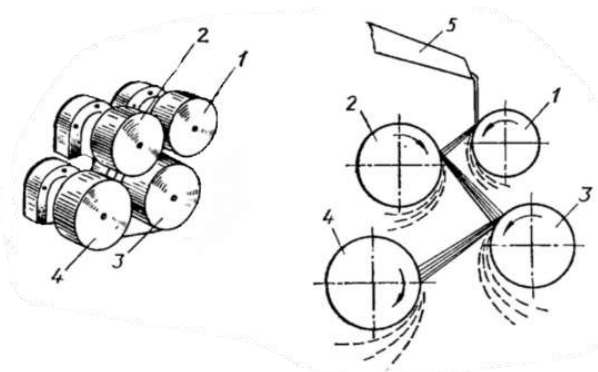


Рисунок 1 – Четырехвалковая центрифуга и схема образования волокон: 1 – валок центрифуги с нарезкой; 2, 3, 4 – гладкие валки центрифуги; 5 – вагранка

Центрифуга состоит из станины П-образной формы, на которой укреплены четыре рабочих валка в подшипниковых узлах с индивидуальными приводами. Валки вращаются навстречу друг другу в вертикальной плоскости, а по бокам находится ограждение.

Материал с температурой около 1400°C попадает в определенную точку верхнего быстровращающегося валка 1, расщепляя струю расплава и передавая на следующие валки. Валок 1 имеет винтовую нарезку и вращается с частотой 3000 с^{-1} . Винтовая нарезка способствует ускорению расчленения струи. Валок 1 выдает небольшое количество минерального волокна, основная же доля поступает с валков 2, 3 и 4. Частота вращения валков по мере продвижения расплава возрастает (валка 2 – 4000 с^{-1} , валка 3 – 5000 с^{-1} , валка 4 – 6000 с^{-1}). Обязательным является прогрев поверхности валков центрифуги до температуры не менее 400°C , так как волокно образуется лишь при налипании расплава на поверхность валков. Образовавшиеся волокна подхватываются воздухом и уносятся в камеру волокноосаждения, где оседают на поверхность сетчатого конвейера. Для обдува образующихся волокон на центрифуге установлен вентилятор производительностью $1400\text{ м}^3/\text{ч}$. Застывшие неволокнистые включения убираются скребковым конвейером [3].

Основными элементами конструкции, подвергающимися износу, являются валки. Для их ремонта используют следующие способы их ремонта:

- вибродуговая наплавка;
- индукционная наплавка;
- электроискровая наплавка
- наплавка под слоем флюса.

Наиболее распространенным является вибродуговая наплавка.

Этот способ применяется на ремонтных предприятиях в связи с простотой освоения и эксплуатации наплавочных установок, возможностью нанесения слоев толщиной $0,5\ldots 3\text{ мм}$ на наружные и внутренние поверхности стальных и чугунных деталей; возможность восстановления деталей по длине до 1000 мм и диаметром до 300 мм . Электродная

проволока подается к наплавляемой поверхности детали через мундштук, вибрирующий с частотой до 110 Гц и амплитудой до 4 мм. Благодаря вибрациям наплавку можно производить при напряжениях 12... 18В. В процессе наплавки вибрирующим электродом наблюдается чередование электрических разрядов и коротких замыканий цепи с образованием контактов между электродом и деталью, и принудительным переносом электродных капель в сварочную ванну. Преимуществами данного способа являются:

- незначительный нагрев деталей (не более 100 °С);
- высокая производительность процесса (до 2,6) кг/ч;
- возможность получения слоя металла с повышенной твердостью;
- не требуется последующей термической обработки.

При этом на качество наплавленного металла и самой детали влияют следующие факторы:

- несплавление наносимого слоя с материалом детали;
- разбрызгивание электродного материала и его повышенный расход;
- разбрызгивание электродного материала и его повышенный расход;
- возникновение раковин, пор и микротрещин в наплавляемом слое металла;
- снижение усталостной прочности на 30...60 %;
- наличие в наплавленном слое значительных растягивающих остаточных напряжений.

Для высокого качества готового продукта необходимо обеспечить входной контроль качества представляет собой проверку сырья, комплектующих и материалов, которые поступили на предприятие от поставщиков. Целью этого мероприятия является исключение попадания на производство некачественного сырья.

Каждое предприятие самостоятельно разрабатывает документацию, определяющую порядок контроля сырья и материалов. В этот процесс включены различные службы предприятия с юристами. При этом, регламент входного контроля включает:

1. Рассортировать валки по номинальному наружному диаметру и обозначить маркером условный номер вала (№1 – №4) или номинальный диаметр (Ø285, Ø320, Ø340, Ø350) на одном из валков группы, отсортированной по типоразмеру. При наличии, указать заводской номер вала.

2. Проверить соответствие фактического количества валков с данными, переданными заказчиком в сопроводительной документации вместе с валками.

3. Визуальным контролем определить тип посадочных поверхностей (коническая или цилиндрическая посадка) и обозначить конические посадки маркером буквой «К».

4. Выполнить замеры внутреннего диаметра вала ØВ. Предельное отклонение ØВ не должно превышать +6 мм от чертежного размера КД заказчика. Замеры выполнить минимум в 3-х точках, в соответствии со схемой, указанной на (рис. 2).

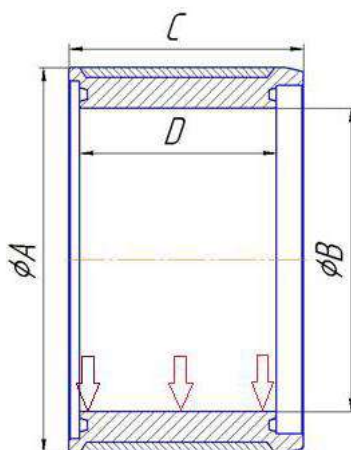


Рисунок 2 – Основные размеры вала, подлежащие контролю

Таким образом, в настоящее время различные теплоизоляционные материалы на основе волокон является перспективным направлением, способным в ближайшее время изменить рынок, а разработка нового и модернизация старого оборудования способна улучшить качество изготавливаемых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 4640-93 Вата минеральная. Технические условия. Национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 ноября 1993 г. № 582-ст : дата введения 10.11.1993. – Москва : Стандартинформ, 2004. - 11 с. - Текст : непосредственный.
2. Все для стройки и ремонта // Журнал «Потребитель», 2000. - №12.
3. Попов К.Н. Строительные материалы и изделия: Учебник. М.: Высшая школа, 2002. – 367 с.
4. Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев // Сварочное производство. - 2007. - № 2. -С. 32-40.
5. Иванов, В.П. Восстановление деталей машин : Справочник /В.П. Иванов, Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.М. Константинов. - М.: Машиностроение, 2003. - 672 с.

Тесля Сергей Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: teslya-serg@mail.ru

Сергеев Евгений Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1217278@bsuedu.ru

Научный руководитель:
Жумадилова Мереке Бапановна,
ассоциированный профессор
кафедры «Компьютерные науки»
КГУТИ имени Ш.Есенова (Актау, Казахстан)

А.Э. УАЛИХАН, Н.Г. БАЕКЕНОВ, Н.Е. ЛАҚБАЙ
A.E. UALIKHAN, N.G. BAEKENOV, N.E. LAKBAY

О РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА

ON THE DEVELOPMENT OF SIGN LANGUAGE INFORMATION SYSTEM

Данная работа посвящена разработке информационной системы, способной распознавать, интерпретировать и переводить жесты русского жестового языка в текст и голос в режиме реального времени. Разработанное решение отличается простотой использования и может быть интегрировано в мобильные приложения, образовательные платформы и системы дистанционного обслуживания. Практическая значимость работы заключается в повышении уровня инклюзивности за счет создания доступного инструмента коммуникации между глухими и слышащими людьми. Ключевые преимущества системы включают адаптивность к разным условиям освещения, поддержку базового словаря жестов и возможность расширения функциональности.

Ключевые слова: жестовый язык, компьютерное зрение, глубокое обучение, инклюзивные технологии, распознавание жестов, нейронные сети, система реального времени.

This work is devoted to the development of an information system capable of recognizing, interpreting, and translating Russian sign language gestures into text and voice in real time. The developed solution is easy to use and can be integrated into mobile applications, educational platforms, and remote service systems. The practical significance of the work lies in increasing the level of inclusiveness by creating an accessible communication tool between deaf and hearing people. Key benefits of the system include adaptability to different lighting conditions, support for a basic gesture dictionary, and the ability to expand functionality.

Keywords:

Qoldau AI, sign language, information system, neural networks, computer vision, natural language processing (NLP), hearing impairment, inclusive communication, real-time processing, speech synthesis.

В современном цифровом обществе обеспечение равных возможностей коммуникации становится важнейшей задачей. Для миллионов глухих и слабослышащих людей по всему миру жестовый язык является основным средством общения, однако его понимание слышащим большинством остается серьезной проблемой. Существующие решения, такие как системы на основе сенсорных перчаток или простые алгоритмы компьютерного зрения, имеют существенные ограничения в точности, удобстве использования и адаптивности к реальным условиям. В этом контексте разработка интеллектуальной системы распознавания жестового языка становится критически важной для преодоления коммуникационных барьеров.

По данным Министерства здравоохранения, в Казахстане насчитывается более 30 тысяч глухих и слабослышащих граждан, которые ежедневно сталкиваются с трудностями в общении, получении образования и доступе к государственным услугам [3]. Поэтому актуальность исследования обусловлена следующими факторами:

- 1) полное отсутствие в Казахстане аналогичных систем распознавания жестового языка;
- 2) необходимость создания инклюзивной среды в образовательных учреждениях;
- 3) возможность интеграции системы в государственные службы (МФЦ, больницы, соцслужбы).

Поэтому было принято решение разработать программный комплекс, способный в режиме реального времени:

- распознавать жесты казахского жестового языка;
- переводить их в текстовую и голосовую форму;
- обеспечивать двустороннюю коммуникацию между слышащими и глухими людьми.

Особенностью системы является возможность поиска и перевода слов с английского жестового языка на казахский, что расширяет её применение в международной коммуникации.

В ходе разработки информационной системы **Qoldau AI**, предназначенной для распознавания и перевода жестового языка, была реализована многоуровневая архитектура, включающая несколько ключевых компонентов.

В качестве основного исследовательского материала использовались видеозаписи с примерами казахского жестового языка, охватывающие широкий спектр движений рук, мимики и типичных фраз. Данные видеозаписи послужили основой для обучения и тестирования нейросетевых моделей.

Методологическая основа проекта строилась на применении технологий компьютерного зрения и обработки естественного языка (NLP). Для анализа и распознавания жестов использовались глубокие нейронные сети, обученные с применением TensorFlow [2, 6]. Обработка видеопотока в реальном времени осуществлялась с помощью библиотеки OpenCV, обеспечивая отслеживание движений рук и выражения лица пользователя [1]. В системе были реализованы алгоритмы классификации и контекстного анализа, позволяющие учитывать лингвистические особенности при переводе жестов в текст.

Методологическая основа исследования базировалась на междисциплинарном подходе, объединяющем методы искусственного интеллекта, компьютерного зрения, лингвистики жестового языка и пользовательского проектирования.

В качестве ключевых теоретических основ были выбраны концепции глубинного обучения, нейросетевого моделирования, а также теория обработки естественного языка (NLP). Эти подходы позволили обеспечить комплексный анализ визуальных данных и реализацию точного контекстуального перевода жестов в текст и речь.

Для построения алгоритмов распознавания жестов применялась архитектура сверточных нейронных сетей (CNN), эффективная при анализе пространственных признаков изображений. Обработка последовательностей жестов и контекстуальных связей реализовывалась с использованием рекуррентных нейронных сетей (RNN) и их модификаций (в частности, LSTM), что позволило учитывать смысловую нагрузку фраз в жестовом языке. Основной акцент делался на обучении моделей на большом массиве реальных видеоданных, что обеспечивало устойчивость системы к вариативности исполнения жестов.

Применение библиотеки OpenCV обеспечивало высокую точность захвата и обработки видеоинформации, в том числе при наличии фоновых шумов и нестабильного освещения. Среда TensorFlow использовалась как базовая платформа для построения и обучения нейронных сетей, благодаря своей гибкости и поддержке ускоренной работы на GPU [4, 5].

Дополнительно в методологию были включены принципы человеко-ориентированного проектирования (HCD), что обеспечивало фокус на реальных потребностях целевой аудитории – людей с нарушением слуха. На этапе тестирования активно применялись методы UX-исследований, полуструктурированные интервью и анализ пользовательского опыта, направленные на адаптацию системы под практическое использование [7-10].

На подготовительном этапе была сформулирована цель исследования – разработка интеллектуальной системы для распознавания и перевода казахского жестового языка с

использованием технологий компьютерного зрения и нейросетевого моделирования. Проводился анализ существующих решений в области автоматического перевода жестов, выявлялись их ограничения и потенциальные направления для улучшения. Также была собрана и структурирована начальная выборка видеоданных с демонстрацией жестов, включающая как стандартные фразы, так и региональные особенности казахского жестового языка.

Основной этап исследования включал разработку прототипа системы **Qoldau AI** и проведение серии экспериментов для оценки эффективности различных архитектур нейросетей. Сначала была проведена предварительная обработка и аннотирование видеоданных, включающих более 10 000 примеров казахского жестового языка. Аннотация включала не только жесты, но и мимику, позу тела, а также контекстуальные значения фраз, что обеспечило высокий уровень семантической точности.

На следующем шаге были созданы и обучены несколько вариантов нейросетевых моделей. В качестве базовой модели использовалась сверточная нейронная сеть (CNN) для извлечения признаков с изображений. Для учета временной динамики движений использовались рекуррентные сети (LSTM), а также пробовалась трансформер-архитектура для повышения точности контекстуального анализа.

На заключительном этапе была проведена оценка эффективности и точности системы. Результаты тестирования продемонстрировали высокую точность распознавания (>92%) и устойчивость системы к внешним помехам. Была собрана обратная связь от пользователей для последующего усовершенствования. Сформированы рекомендации по внедрению системы в образовательные учреждения, госучреждения и сферы здравоохранения. Определены направления для дальнейших исследований, включая многоязычную поддержку, адаптацию к индивидуальным стилям жестов, использование носимых устройств и внедрение технологий дополненной реальности.

В результате проведенного исследования была разработана и протестирована многоуровневая информационная система **Qoldau AI**, предназначенная для распознавания и перевода казахского жестового языка. Система продемонстрировала высокие показатели точности и устойчивости в реальных условиях эксплуатации.

Основные результаты включают:

- точность распознавания жестов: обученные модели показали среднюю точность классификации в 92,4% на тестовой выборке, включающей более 2 000 уникальных жестов. На фразовом уровне точность перевода достигала 88,7%, что считается высоким показателем для естественного языка жестов;
- скорость обработки: использование оптимизированных алгоритмов и современных графических процессоров (GPU) позволило достичь обработки видеопотока в реальном времени со средней задержкой менее 200 мс, что обеспечивает комфортное взаимодействие с системой;
- устойчивость к внешним факторам: система показала стабильную работу при различных условиях освещения, фонах и типах камер, благодаря предварительной калибровке и использованию алгоритмов шумоподавления;
- адаптивность: реализована возможность дообучения модели на пользовательских данных, что позволило системе адаптироваться к индивидуальному стилю жестов и региональным особенностям языка;
- интерфейс и пользовательский опыт: проведенные UX-тестирования с участием носителей казахского жестового языка (n=30) показали высокий уровень удовлетворенности (средняя оценка – 4,7 из 5) по таким критериям, как удобство использования, точность перевода и скорость реакции системы;
- интеграция с внешними сервисами: обеспечена совместимость с голосовыми помощниками, а также реализована возможность интеграции в мобильные приложения и веб-платформы.

Программное приложение **Qoldau AI** было реализовано с использованием следующих технологий и подходов:

1) **React** (основной фреймворк для создания интерфейса; используются компоненты для организации структуры приложения, такие как App и GestureLearning).

2) **JavaScript** (логика управления состоянием, например, выбранный язык и текущее видео, реализована с помощью функций, таких как useState).

3) **CSS** (используется для стилизации элементов интерфейса, включая кнопки, видео-плеер и навигацию).

4) **Видео-файлы (.mp4)** (каждое видео ассоциировано с жестом и поддерживает названия на трёх языках; видео хранятся в директории /assets/videos/ для удобного подключения).

Первоначальную работу в приложении **Qoldau AI** можно описать следующим образом. При загрузке приложения пользователь видит заголовок Qoldau AI - Gesture Learning. В верхней части страницы расположены кнопки для выбора языка (рисунок 1).



Рисунок 1 – Интерфейс информационной системы **Qoldau AI**

Под языковыми кнопками отображается список жестов. Названия жестов меняются в зависимости от выбранного языка. При нажатии на название жеста запускается соответствующее видео в встроенном плеере (рисунок 2).

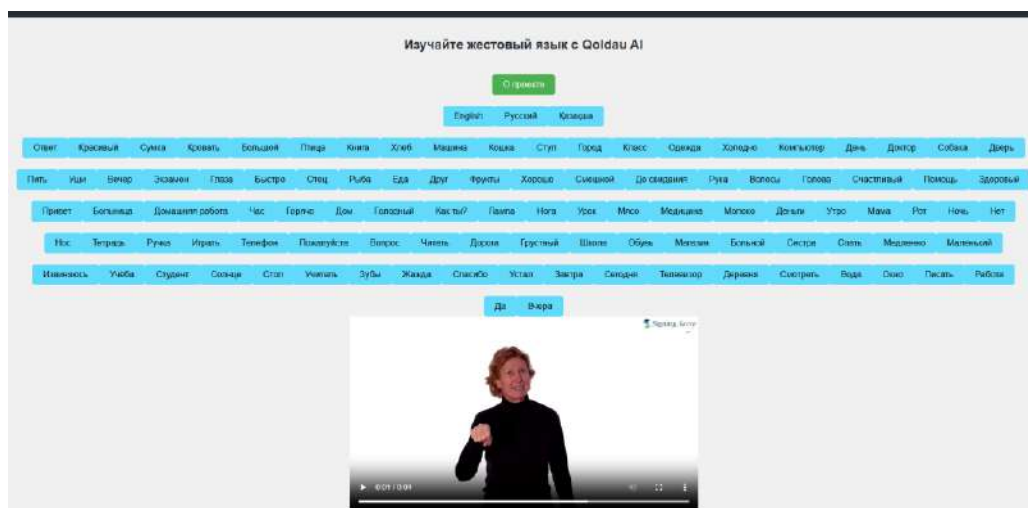


Рисунок 2 – Просмотр видеопотока в зависимости от выбранного жеста

Qoldau AI демонстрирует готовность к внедрению в образовательные учреждения, государственные сервисы и другие области, где необходима инклюзивная коммуникация с

участием людей с нарушением слуха. Полученные результаты подтвердили жизнеспособность разработанной архитектуры и эффективность применяемых методов машинного обучения и компьютерного зрения.

В будущем в информационную систему **Qoldau AI** можно добавлять новые языки, поддерживать умные устройства, использовать дополненную реальность. Всё это сделает **Qoldau AI** не просто техническим решением, а платформой, способной реально менять жизни людей к лучшему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлаков А. А., Васильев С. В. Основы компьютерного зрения. – СПб.: Питер, 2020. – 416 с.
2. Гудфеллоу И., Бенджио Й., Курвил А. Глубокое обучение. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 648 с.
3. Жумагалиева Г. М., Кульманова А. С. Проблемы и перспективы развития средств коммуникации для людей с нарушениями слуха // Наука и образование в XXI веке. – 2022. – №1(35). – С. 45–50.
4. Некрасов А. Г., Сеницына А. С. Транспортно-логистические системы нового поколения в цифровой экономике // Сила систем журнал. – 2017. – №3(4). – С. 11–23.
5. Панов А. И. Искусственный интеллект и машинное обучение: основы и современные направления. – М.: Бином, 2021. — 352 с.
6. Сакина А. Ж., Баймагамбетов Б. А. Анализ современных методов распознавания жестов на основе нейросетевых технологий // Вестник информационных технологий Казахстана. – 2021. – №2. – С. 33–39.
7. Chollet F. Deep Learning with Python. – Manning Publications, 2018.
8. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735–1780.
9. Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition // International Conference on Learning Representations (ICLR). – 2015.
10. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention is all you need // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2017. – Vol. 30.

Уалихан Азамат Эдуардулы

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау Казахстан)
Студент факультета Науки и Технологий
E-mail: azamat.ualikhan@yu.edu.kz

Баекенов Нурбек Габдылхаирович

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау Казахстан)
Студент факультета Науки и Технологий
E-mail: baekenov2001@mail.ru

Лақбай Нұрбол Ержанұлы

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (г. Актау Казахстан)
Студент факультета Науки и Технологий
E-mail: nurbol.lakbay@yu.edu.kz

Научный руководитель:
Гончаров Дмитрий Викторович,
старший преподаватель кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Н.В. ФЕДОРОВА, И.И. ГОНЧАРОВА, А.В. КОЗЛОВ
N.V. FEDOROVA, I.I., GONCHAROVA, A.V. KOZLOV

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

OPTIMIZING ENERGY EFFICIENCY THROUGH DIGITAL TECHNOLOGIES

В работе рассмотрена разработка концепции автоматизированной системы управления климатом и освещением для НИУ «БелГУ», позволяющей интегрировать современные цифровые технологии в существующую инфраструктуру

Ключевые слова: сети; интернет вещей; Адаптивное управление, энергоэффективность, аналитические алгоритмы, системы прогнозирования

The paper considers the development of the concept of an automated climate and lighting management system for BelSU, which allows integrating modern digital technologies into the existing infrastructure.

Keywords: networks; Internet of Things; Adaptive control, energy efficiency, analytical algorithms, forecasting systems

В условиях современного строительства и эксплуатации крупных объектов особое значение приобретает рациональное управление энергопотреблением. В данной работе рассматривается возможность повышения энергоэффективности на примере Белгородского государственного университета посредством внедрения цифровых технологий в систему климат-контроля и освещения.

Традиционные методы управления, основанные на ручном регулировании и использовании стандартных программируемых систем, зачастую не способны обеспечить оптимальное распределение энергетических ресурсов, что приводит к избыточному потреблению электроэнергии, нерациональному использованию систем освещения и кондиционирования, а также к потерям энергии вследствие отсутствия адаптивного управления [1]. Автоматизация, в свою очередь, способна снизить затраты, уменьшить нагрузку на обслуживающий персонал и обеспечить точную настройку климатических параметров с учетом изменяющихся условий эксплуатации.

Современные цифровые технологии, включающие использование датчиков температуры, освещенности и присутствия, а также аналитических алгоритмов и систем прогнозирования, открывают новые возможности для оптимизации работы энергетических систем. Применение таких технологий позволяет не только оперативно контролировать текущие параметры, но и предсказывать будущие изменения, что повышает точность и адаптивность управления энергопотреблением. Статистические данные и результаты исследований свидетельствуют о значительном снижении энергозатрат при переходе на автоматизированные системы управления, что подтверждает актуальность рассматриваемой темы и подчеркивает необходимость разработки концептуального решения для крупных объектов, подобных НИУ «БелГУ».

Основной целью представляемого проекта является разработка концепции автоматизированной системы управления климатом и освещением для НИУ «БелГУ», позволяющей интегрировать современные цифровые технологии в существующую инфраструктуру. Для достижения поставленной цели предполагается проведение

комплексного анализа действующих систем управления энергопотреблением, определение технических требований и функциональных возможностей будущего решения, а также проектирование архитектуры системы с визуальным представлением текущего состояния («Как есть») и предлагаемого решения («Как будет») [2]. Важной задачей является оценка потенциала снижения энергозатрат, а также определение удобства эксплуатации разработанной системы, что позволит обеспечить ее эффективное внедрение и дальнейшую эксплуатацию.

При анализе предметной области традиционные методы управления энергопотреблением в крупных зданиях, основанные на ручном регулировании и использовании стандартных программируемых устройств, демонстрируют существенные ограничения [3]. Отсутствие адаптивного механизма и возможности оперативной корректировки режимов работы приводит к неэффективному распределению нагрузки, что в свою очередь вызывает избыточное использование систем освещения и кондиционирования. Сравнительный анализ с современными решениями, использующими датчики, системы мониторинга и алгоритмы прогнозирования, позволяет обоснованно утверждать, что автоматизация управления не только снижает эксплуатационные затраты, но и значительно повышает надежность и точность контроля над климатическими условиями в больших зданиях [4].

Современные цифровые технологии, применяемые в концепциях «умного дома», демонстрируют высокую эффективность при оптимизации работы различных систем. Использование датчиков присутствия, температуры и освещенности в сочетании с аналитическими модулями позволяет не только контролировать параметры окружающей среды, но и прогнозировать изменения, что особенно актуально для объектов с большой площадью и разнообразными зонами нагрузки [5]. Особое внимание уделяется анализу инфраструктуры БелГУ, где сложная внутренняя планировка и распределение зон с разной интенсивностью использования требуют индивидуального подхода к автоматизации. Выделяются проблемные участки, где традиционные системы оказываются неэффективными, что обосновывает необходимость перехода на более интеллектуальное решение.

Критический анализ перспектив внедрения автоматизированной системы управления позволяет провести SWOT-анализ предлагаемого решения [6]. Среди основных сильных сторон отмечается возможность значительного сокращения затрат за счет оптимизации потребления энергии, повышение точности настройки климат-контроля и снижение нагрузки на обслуживающий персонал. Однако существенными недостатками являются первоначальные инвестиционные затраты и сложность адаптации системы к разным зонам здания, требующая детальной настройки.

Возможности дальнейшего развития связаны с масштабированием системы, интеграцией дополнительных модулей для мониторинга энергопотребления в зависимости от времени суток и прогнозированием нагрузок, что может значительно расширить функциональные возможности системы. Наряду с этим, существуют и определенные угрозы, такие как возможность технических сбоев, сложности адаптации к изменениям инфраструктуры и необходимость регулярного обновления программного обеспечения, что требует тщательного планирования и поддержки со стороны разработчиков.

При проектировании и разработке концепции системы автоматизированного управления климатом и освещением основное внимание уделяется формированию технического задания, включающего функциональные требования, предусматривающие автоматическое регулирование параметров освещения и климат-контроля, возможность ввода начальных настроек оператором с персонального компьютера, а также сбор и анализ данных с различных датчиков.

В данном контексте система функционирует автоматически после первоначальной настройки, что позволяет минимизировать влияние человеческого фактора и обеспечить стабильное управление параметрами окружающей среды в режиме реального времени.

В диаграмме «Как есть» представлена модель, отражающая текущий подход к управлению энергопотреблением в университете (рисунок 1).

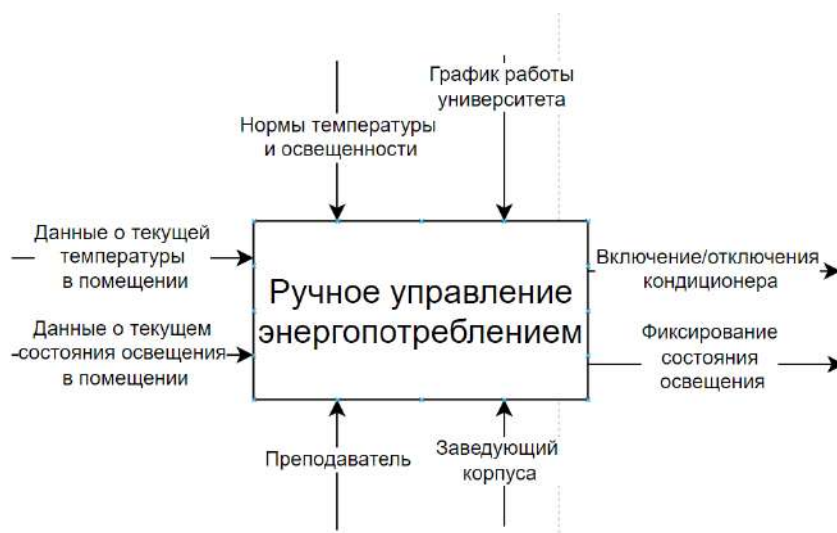


Рисунок 1 – Диаграмма «Как есть»

В данном функциональном блоке под названием «Ручное управление энергопотреблением» основное внимание уделяется непосредственному участию человека в процессе регулирования. В качестве входных данных система использует информацию о текущей температуре в помещении и данные о состоянии освещенности, что позволяет определять необходимость вмешательства. Управляющие данные задаются сверху и включают нормы температуры и освещенности, а также график работы университета, что служит ориентиром для регулирования работы оборудования. Механизмами управления выступают преподаватель, который осуществляет непосредственное включение и выключение света или кондиционера, и заведующий корпусом, который в вечернее время проводит обход для проверки корректности выключения систем. На выходе данными являются команды, направленные на включение или отключение кондиционера, а также фиксация состояния освещения, что обеспечивает выполнение заданных норм в рамках ручного контроля.

Для детального анализа процесса автоматизированного управления энергопотреблением различных зданий выполнено построение контекстной диаграммы, которая представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 — Диаграмма «Как будет»

Результатом работы информационной системы становится отчет о потреблении энергии, который формируется благодаря установленным датчикам, передающим информацию в центральный модуль. Ключевыми преимуществами нового подхода являются высокая точность контроля, адаптивность к изменяющимся условиям и снижение операционных расходов.

В итоге, предложенная концепция автоматизированного управления климатом и освещением для НИУ «БелГУ» обладает потенциалом по повышению энергоэффективности учебных корпусов. Анализ показал, что автоматизация данного процесса способна не только снизить затраты на энергопотребление, но и создать комфортные условия для эксплуатации зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева В. В., Казазаев В. В. О моделировании фотосинтеза растений в условиях глобального изменения климата //Известия Алтайского государственного университета. – 2017. – №. 4 (96). – С. 104-107.
2. Иванищев В. В. Эволюционные аспекты С4-фотосинтеза //Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2017. – №. 3. – С. 64-77.
3. Цифровые технологии для оценки и прогнозирования влияния пространственно-временного распределения парниковых газов на фотосинтетическую активность сельскохозяйственных культур / О. А. Иващук, О. Р. Кузичкин, Д. В. Гончаров, В. А. Дунаева // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2023. – Т. 27, № 1. – С. 38-56. – DOI 10.21869/2223-1560-2023-27-1-38-56.
4. Салимов Д. С., Эргашев А., Абдулоев А. Влияние повышенных концентраций CO₂ и других стрессовых экологических факторов на продуктивность и содержание крахмала белка в зерне различных сортов пшеницы // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2015. №. 1-5-2. С. 23-28.
5. Гончаров, Д. В. Анализ способов определение выгодного местоположения предприятий на основе нейро-нечеткого анализа / Д. В. Гончаров, И. В. Свиридова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 1. – С. 63-67.
6. Константинов И. С., Иващук О. А. Автоматизированная система управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса //Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – №. 8. – С. 44-49.

Федорова Надежда Владимировна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий
E-mail: fedorova_n@bsu.edu.ru

Гончарова Ирина Ивановна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: goncharova_i@bsuedu.ru

Козлов Артем Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент инженерингового колледжа
E-mail: qnerq21@mail.ru

Научный руководитель:
Шамраев Анатолий Анатольевич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Н.Ю. ФИРСОВ, Н.О. ЗАРУДНИЙ
N.Y. FIRSOV, N.O. ZARUDNY

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ АЛКИДНЫХ СМОЛ

METHODS OF MEASURING ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS DURING POLYCONDENSATION OF ALKYD RESINS

В статье рассматриваются методы и конструкции мониторинга процесса поликонденсации при синтезе алкидных смол и лаков. Выявлены недостатки существующих подходов. Проанализированы современные подходы к измерению электрофизических характеристик реакционной массы. Установлено, что мониторинг комплексного сопротивления реакционной массы обеспечивает более точное определение момента завершения реакции по сравнению с измерением только активного сопротивления. Обоснована необходимость разработки специализированных методов и устройств для измерения комплексного сопротивления в условиях промышленного производства полимерных смол.

Ключевые слова: технологический контроль; комплексное сопротивление; автоматизация производства; алкидные смолы; поликонденсация.

The article discusses methods and designs for monitoring the polycondensation process during the synthesis of alkyd resins and varnishes. The shortcomings of existing approaches are identified. Modern approaches to measuring the electrophysical characteristics of the reaction mass are analyzed. It has been established that monitoring the complex impedance of the reaction mass provides a more accurate determination of the reaction's completion point compared to measuring only the active resistance. The necessity of developing specialized methods and devices for measuring complex impedance under industrial production conditions of polymer resins is substantiated.

Keywords: process control; complex impedance; production automation; alkyd resins; polycondensation.

Производство алкидных смол требует высокой точности и оперативности контроля на всех стадиях технологического процесса, особенно на этапе поликонденсации, когда происходят ключевые изменения физико-химических свойств реакционной среды [1]. Традиционные методы контроля, основанные на периодическом отборе проб и измерении вязкости, не позволяют обеспечить своевременное завершение реакции, что может привести к ухудшению свойств конечного продукта или даже аварийным ситуациям. Непрерывный мониторинг электрофизических характеристик реакционной среды, таких как полное сопротивление позволяет косвенно определить момент завершения процесса поликонденсации с высокой точностью [2].

На стадии поликонденсации реакционную массу нагревают до 245 °С в течение 2-3 часов. Через 1 час выдержки отбирают первую пробу для анализа степени прохождения реакции. Частый отбор проб при высоких температурах делает технологический процесс крайне небезопасным [3].

Характерной особенностью процесса поликонденсации является то, что в процессе реакции вязкость нарастает лавинообразно, и если реакцию не остановить, то значение вязкости может увеличиваться до бесконечности [4]. Поэтому процесс останавливают при достижении условного заданного значения. Стандартные методы измерения вязкости, описанные в ГОСТ 8420-74 подразумевают охлаждение реакционной жидкости до 20 С [5].

При таком подходе невозможно своевременно остановить реакцию, так как процесс измерения требует много времени.

Устройство, описанное в патенте [6] относится к области кондуктометрии и предназначено для измерения активного сопротивления жидкости при физико-химических исследованиях и автоматизированном контроле технологических процессов. Техническим результатом является обеспечение возможности непрерывного измерения без прямого контакта датчика с реакционной массой.

Предложенный высокочастотный емкостной бесконтактный датчик представляет собой диэлектрическую трубу, через которую протекает исследуемая жидкость (рис. 1). На внешней стороне трубы закреплены два или более металлических электрода в виде прямоугольных пластин, плотно прилегающих к поверхности и соединенных с источником переменного тока. С внутренней стороны трубы, напротив внешних электродов, расположены внутренние металлические электроды аналогичной формы, создающие с внешними электродами конденсаторы емкости C_1 , где диэлектриком служат стенки трубы. Два внутренних электрода образуют обкладки конденсатора емкости C_2 , диэлектриком которого является слой исследуемой жидкости.

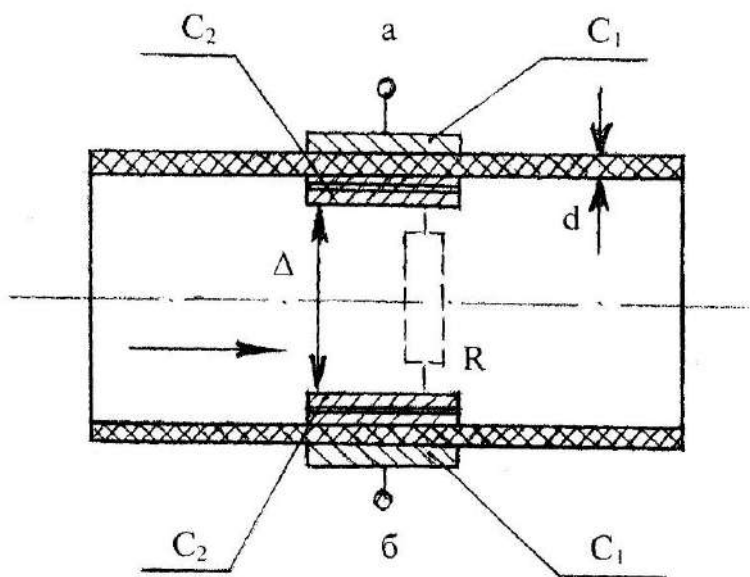


Рисунок 1 – Конструкция бесконтактного датчика [6]

Конденсатор C_2 зашунтирован сопротивлением R электролита, которое можно рассматривать как сопротивление утечки конденсатора C_2 . Источник переменного тока и измеритель электропроводности подключены к внешним электродам, позволяя измерять активное сопротивление реакционной массы в процессе синтеза.

Рост активного сопротивления R_p реакционной массы объясняется переходом от начальной неоднородной смеси жидких и твердых компонентов к более однородной структуре, приближающейся к диэлектрикам, что сопровождается увеличением электрического сопротивления.

Измерение только активного сопротивления недостаточно для точного контроля технологического процесса производства алкидных лаков. В патенте [7] отмечено, что мониторинг комплексного сопротивления реакционной массы позволяет точно определить момент завершения реакции.

Согласно данным, представленным в патенте [7], минимальные значения этого параметра соответствуют завершению стадии поликонденсации. Например, для алкидной смолы АФ-033 минимальное значение комплексного сопротивления составило 5,3-6,4 МОм, а угол фазового сдвига при этом был в диапазоне от $-3,5$ до $-4,3^\circ\text{C}$ (рис. 2,3). Достижение этих показателей свидетельствует о завершении процесса.

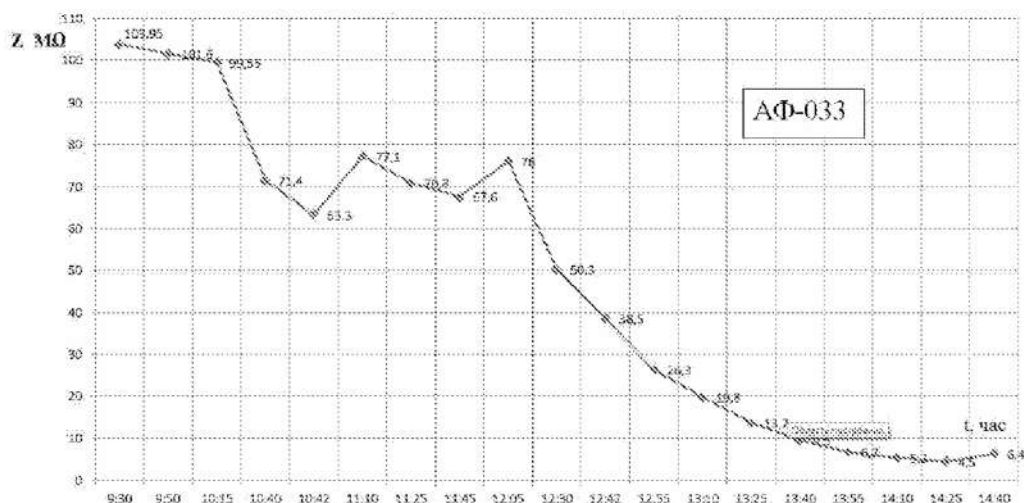


Рисунок 2 – Модуль комплексного сопротивления [7]

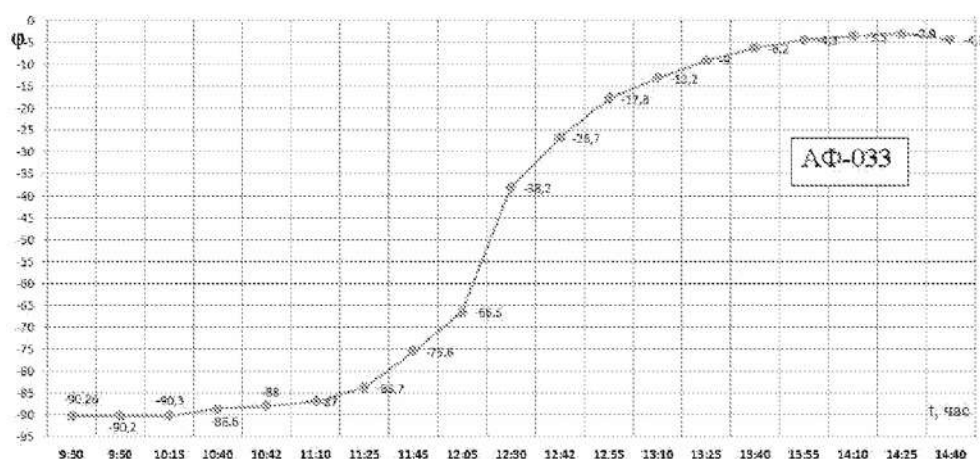


Рисунок 3 – Угол фазового сдвига комплексного сопротивления [7]

Проведённый анализ показал, что существующие методы измерения электрических характеристик жидкостей, не в полной мере обеспечивают необходимую точность и оперативность контроля технологических процессов, особенно на критических стадиях синтеза полимерных смол. Использование бесконтактных датчиков существенно повышает безопасность и позволяет реализовать непрерывный мониторинг, однако для более полного и достоверного контроля необходимо учитывать комплексное сопротивление. Это подчёркивает актуальность и необходимость разработки специализированных устройств и методов измерения комплексного сопротивления, способных функционировать в условиях высоких температур и агрессивных сред, обеспечивая тем самым высокую степень автоматизации и надёжность технологического контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кухтин, Б. А. Физико-химические исследования полимерных материалов и их расплавов : учеб. пособие / Б. А. Кухтин, Е. С. Пикалов ; Владимирский гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2023. – 87 с. – ISBN 978-5-9984-1805-1.
- 2 Расчет диэлектрической проницаемости полимеров и некоторых органических растворителей / А. А. Аскадский, И. Д. Симонов-Емельянов, А. Ф. Клиньских, С. О. Сергеева. – Текст : непосредственный // Высокомолекулярные соединения. – 2019. – № 7. – С. 1160–1168.

3 Технологическая схема производства алкидных (полиэфирных) олигомеров. – Текст : электронный // Инфрахим : [сайт]. — URL: <https://clck.ru/3LPkvV> (дата обращения: 15.04.2025).

4 Патент № 2643704 Российская Федерация, МПК G01N 27/02 (2006.01). Способ контроля протекания стадии поликонденсации в процессе производства алкидных лаков : № 2016150250 : заявл. 20.12.2016 : опубл. 05.02.2018 / Дубовик Н. С., Дубовик С. А., Козлов Е. И., Коробейников А. Н., Иванов И. В., Матяс Д. С. ; заявитель ООО "Спецлак". – 4 с. : ил. – Текст : непосредственный.

5 ГОСТ 8420–74. Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости = Paint and Lacquer Materials. Method for determination of relative viscosity : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 17 мая 1974 г. № 1219 : дата введения 1975-01-01 / разработан Министерством химической промышленности СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 6 с. ; 29 см. – Текст : непосредственный.

6 Патент № 2761775 Российская Федерация, МПК G01N 27/06 (2006.01), G01R 27/22 (2006.01). Высокочастотный ёмкостный бесконтактный датчик удельной электрической проводимости жидкости : № 2020121044 : заявл. 17.06.2020 : опубл. 13.12.2021 / Дубовик С. А., Козлов Е. И., Дубовик Н. С., Матяс Д. С., Пичугина И. Н. ; заявитель ООО "Спецлак", ООО "Ямщик". – 7 с. : ил. – Текст : непосредственный.

7 Патент № 2668365 Российская Федерация, МПК G01N 27/02 (2006.01), G01N 27/06 (2006.01). Способ контроля стадии переэтерификации в производстве алкидных лаков : № 2017137256 : заявл. 24.10.2017 : опубл. 28.09.2018 / Дубовик Н. С., Дубовик С. А., Козлов Е. И., Матяс Д. С., Пичугина И. Н. ; заявитель ООО "Спецлак". – 4 с. : ил. – Текст : непосредственный.

Фирсов Никита Юрьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1331431@bsuedu.ru

Зарудний Никита Олегович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1376616@bsuedu.ru

*Научный руководитель
Гальцев Олег Владимирович,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

К.С. ХМЫЗНИКОВ
K.S. KHMZYNIKOV

**АКТУАЛЬНОСТЬ ИНТЕГРАЦИИ VR И AR В ОБРАЗОВАНИИ:
ПРЕИМУЩЕСТВА, ПРОБЛЕМЫ, СПОСОБЫ, РЕШЕНИЯ**
**THE RELEVANCE OF VR AND AR INTEGRATION IN EDUCATION:
ADVANTAGES, PROBLEMS, SOLUTIONS**

В данной статье автор освещает проблему интеграции виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) в образовательные системы, рассматривая её как перспективное направление для повышения эффективности обучения. Подробно анализируются преимущества использования этих технологий, такие как улучшение восприятия учебного материала, повышение вовлеченности студентов и создание условий для практического применения знаний.

Ключевые слова: VR; AR; образование; инновационные методы; интерактивность; наглядность; практическое применение; безопасность.

In given article author shine a problem of integrating virtual (VR) and augmented reality (AR) into educational systems, considering it as a promising area for improving learning efficiency. The advantages of using these technologies are analyzed in detail, such as improving the perception of educational material, increasing student engagement and creating conditions for the practical application of knowledge.

Keywords: VR; AR; education; innovative methods; interactivity; visibility; practical application; safety.

Современные образовательные системы сталкиваются с необходимостью применения инновационных методов обучения, и интеграция виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) отвечает этим вызовам. Эти технологии создают новые горизонты для получения знаний и дают возможность ученикам активно участвовать в процессе обучения, что меняет традиционный подход к образовательным методам.

Одним из главных преимуществ внедрения VR и AR в образование является возможность наглядности. Ученики могут исследовать сложные аналоговые и цифровые процессы, которые сложно иллюстрировать в классической учебной среде. Например, будущие пилоты могут осуществлять тренировки в имитационных средах, что значительно снижает риски, связанные с реальной практикой, и минимизирует затраты на обучение [1].

Доступность новых технологий далее расширяет возможности для образования. Студенты из удаленных регионов теперь могут получать знания наравне со своими сверстниками в больших городах, благодаря виртуальным платформам, которые позволяют участвовать в интерактивных занятиях. Существуют множественные примеры применения AR и VR в реальных образовательных системах за рубежом, что доказывает успешность внедрения этих подходов в учебный процесс [2].

Адаптация технологий VR и AR также сделала обучение более привлекательным для студентов. Эти инновационные ресурсы позволяют создать уникальные учебные ситуации, такие как изучение вулканов или подводного мира, что невозможно в обычной аудитории. Студенты могут виртуально «посетить» места, которые были бы недоступны в реальной жизни, активно участвуя в графическом взаимодействии с веществом [3]. Это значительно улучшает уровень усвоения материала и способствует долгосрочному запоминанию информации.

Важно учитывать, что использование VR и AR в образовательных институтах не ограничивается подготовкой специалистов с высоким риском. Эти технологии могут быть применены в самых различных областях, таких как медицина, инженерия, архитектура и даже гуманитарные науки. Технология позволяет моделировать различные сценарии, что обогащает опыт учащихся и дает им возможность работать с реальными задачами в безопасной среде [4].

Материалы для практического обучения также становятся более доступными и разнообразными. Учителя могут использовать симуляции для проведения занятий, где студенты исследуют реальные факторы и последствия своих решений. Это формирует более осознанный подход к обучению, поскольку студенты видят результаты своего обучения в реальном времени [5].

Интеграция VR и AR в образование не только улучшает качество знаний, но и формирует новое поколение специалистов, готовых к современным вызовам. Эти технологии способствуют развитию критического мышления, креативности и практических навыков, что особенно важно в условиях быстро меняющегося мира. Таким образом, они становятся неотъемлемой частью образовательной среды будущего и необходимы для подготовки молодых людей к успешной жизни и карьере [6].

Несомненно, внедрение VR и AR технологий в образовательные задачи требует постоянного развития и адаптации образовательных методов. Несмотря на сложности в начале этого процесса, положительные результаты исследований и практического использования показывают, что эти инновационные методы способны значительно улучшить качество образования и доступ к нему для всех слоев населения [7]. Соответствуя требованиям времени, образовательные учреждения должны активно включать VR и AR в свои учебные программы, чтобы готовить обучающихся к новым реалиям и вызовам современного мира.

Интеграция виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) в образовательные системы в зарубежных странах становится все более распространенной. Разработанные технологии уже активно используются в учебных процессах различных учебных заведений, предоставляя учащимся новые возможности для изучения и освоения материала. Опыты, полученные в таких университетах, как Гарвард и Университет штата Колорадо, демонстрируют важность и эффективность внедрения VR и AR в обучение.

В Гарвардском университете внедрение виртуальной реальности позволяет студентам визуализировать и манипулировать трехмерными моделями анатомических структур, что значительно улучшает понимание сложных тем. Студенты, использующие VR технологии, показывают значительно лучшие результаты в тестах по сравнению с коллегами, обучавшимися по традиционным программам. По данным одного из исследований, более 90% учреждений, использующих VR и AR, отмечают, что студенты более активно вовлечены в учебный процесс, что напрямую сказывается на качестве их знаний и навыков [8].

Следует также упомянуть, что комплексность образовательного процесса требует постоянной адаптации существующих систем к новым условиям, что включает не только обновление технологий, но и изменения в педагогическом подходе. Подходы к обучению должны учитывать индивидуальные потребности студентов и обеспечивать более целенаправленное и персонализированное обучение, что способствует повышению общей результативности образовательного процесса [8].

Интеграция виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) в образовательные процессы открывает новые горизонты для путешествия по знаниям. Первое заметное преимущество заключается в улучшении усвоения учебного материала. Виртуальные и дополненные сценарии дают возможность обучающимся делать непосредственные наблюдения и взаимодействовать с представляемым материалом. Исследования показывают, что иммерсивное обучение значительно улучшает запоминание информации и понимание сложных концепций благодаря интерактивным взаимодействиям и визуализации [3].

Разнообразие форматов, предлагаемых VR и AR, активизируют вовлеченность учащихся. Образовательные материалы становятся более интересными и ориентированными на пользовательский опыт благодаря превращению традиционных заданий в игровые элементы. Эта методология активного участия значительно увеличивает мотивацию студентов к обучению⁴. Например, студенты могут проходить интерактивные квесты или участвовать в симуляциях, которые делают процесс обучения гораздо более вдохновляющим [9].

Использование VR и AR также расширяет доступ к уникальному опыту, который в противном случае мог бы быть невыполнимым или опасным в реальной жизни. Студенты могут, например, путешествовать по историческим местам, исследовать экосистемы или даже изучать сложные биологические процессы без необходимости физического перемещения [10]. Это значительно удаляет физические и психологические преграды, которые могут помешать обучению.

Еще одной значимой особенностью VR является возможность безопасного проведения экспериментов. Обучающиеся имеют доступ к виртуальным лабораториям, где могут без риска для здоровья и безопасности исследовать химические реакции или физические процессы. Это не только делает обучение более доступным, но и позволяет избежать ошибок, которые могут иметь серьезные последствия в реальной жизни [11].

Важно отметить, что технологии AR и VR также предлагают возможность персонализации образовательного процесса. Системы могут подстраиваться под уникальные потребности и уровень подготовки каждого студента, предлагая дифференцированные задания и подходы. Такой индивидуализированный подход наиболее продуктивен для достижения образовательных целей и создания более глубоких и прочных образовательных базисов [12].

Не менее значимым является вопрос доступности современных технологий. Развитие мобильных решений приводит к тому, что для использования VR и AR достаточно всего лишь современного смартфона или планшета. Образовательные учреждения могут интегрировать эти технологии без значительных финансовых вложений, что делает их доступными для широкого круга учащихся и способствует демократизации образования [13].

Суммируя вышесказанное, интеграция VR и AR в образовательные системы приводит к созданию более захватывающей, интерактивной и безопасной среды для обучения. Эти технологии не только обогащают учебный процесс, но и трансформируют методы и формы взаимодействия учебных заведений с учащимися, что имеет потенциал кардинально изменить подходы к образованию в ближайшие годы. Внедрение технологий виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности в образовательный процесс российских учреждений требует комплексного подхода, учитывающего как технические, так и методические аспекты. Прежде всего, необходимо обеспечить доступность технологий для учебных заведений. Это значит, что должны быть разработаны планы финансирования, позволяющие приобрести необходимое оборудование и программное обеспечение, а также обеспечить обучение преподавателей.

Компании, такие как Сбербанк и Газпром нефть, уже активно используют VR и AR в своих корпоративных обучающих программах. Это демонстрирует, что данная технология может эффективно применяться не только в вузах, но и в бизнесе, что заключается в создании учебных курсов, симуляторов и виртуальных тренажеров [13]. Учебные заведения могут также внедрять такие курсы, интегрировав их в свои программы, что будет способствовать повышению конкурентоспособности выпускников на рынке труда.

Для успешной интеграции VR и AR крайне важно не только оборудование, но и методические разработки, позволяющие преподавателям эффективно использовать данные технологии. Необходимо создать учебные материалы, основанные на принципах активного обучения, где студенты смогут не только получать знания, но и применять их на практике через компьютерные симуляции и взаимодействие с виртуальными объектами. В этом

контексте важно разрабатывать и внедрять наиболее эффективные методы обучения с использованием технологий VR и AR, которые будут способствовать более глубокому усвоению материала [10].

Создание условий для работы с VR и AR также связано с необходимостью формирования центров компетенций в области новых технологий. Эти центры могут стать площадкой для обмена опытом, разработки новых учебных курсов и подготовки специалистов, знающих не только предмет, но и современные технологии. Таким образом, важно поддерживать вертикаль взаимодействия между образовательными учреждениями, государственными и частными секторами, чтобы перемещать технологии из бизнеса в образовательные процессы [14].

При внедрении AR и VR необходимо учитывать разные уровни цифровой готовности учебных заведений. Разработка адаптированных программ обучения для преподавателей и студентов позволит эффективно использовать возможности технологий. Это также подразумевает создание обучающих курсов, читаемых самостоятельно или в формате вебинаров, что является важным шагом к интеграции VR и AR в систему образования [15]. Включение этих технологий в образовательные процессы требует гибкости, что даст возможность учебным заведениям адаптироваться к новым вызовам и изменяющимся потребностям студентов.

В условиях стремительного развития технологий и изменения требований к образовательным процессам, традиционные методы обучения уже не способны в полной мере удовлетворить потребности современного общества. Проблемы, связанные с недостатком эффективных методов обучения и низкой мотивацией студентов, становятся все более заметными, что подчеркивает необходимость поиска инновационных решений.

Актуальность интеграции VR и AR в образовательные системы обусловлена не только технологическим прогрессом, но и изменением подходов к обучению. Современные студенты, выросшие в эпоху цифровых технологий, ожидают от образовательного процесса интерактивности, вовлеченности и возможности практического применения знаний. В этом контексте VR и AR открывают новые горизонты для создания увлекательных и эффективных образовательных программ, которые могут значительно улучшить восприятие материала и повысить уровень вовлеченности обучающихся.

Изучение зарубежных практик интеграции VR и AR в образование показывает, что многие страны уже успешно применяют эти технологии для решения различных образовательных задач. Примеры таких программ, как виртуальные экскурсии, симуляции и интерактивные лаборатории, демонстрируют, как VR и AR могут обогатить учебный процесс, сделать его более наглядным и доступным. Эти примеры служат важным ориентиром для российских образовательных учреждений, стремящихся к модернизации своих программ и методов обучения.

Преимущества использования VR и AR в обучении очевидны: улучшение восприятия материала, возможность практического применения знаний, интерактивность и вовлеченность обучающихся. Эти факторы способствуют созданию более динамичной и продуктивной образовательной среды, где студенты становятся активными участниками процесса обучения, а не просто пассивными слушателями. В результате, мы наблюдаем не только повышение качества образования, но и улучшение общей атмосферы в учебных заведениях, что, в свою очередь, способствует формированию положительного имиджа образовательных учреждений. Однако для успешной интеграции VR и AR в российские образовательные учреждения необходимо учитывать ряд факторов. В первую очередь, это подготовка преподавателей, которые должны быть готовы к использованию новых технологий в своей практике. Важно разработать программы повышения квалификации, которые помогут педагогам освоить методы работы с VR и AR, а также научат их интегрировать эти технологии в существующие учебные планы. Кроме того, необходимо обеспечить доступность необходимого оборудования и программного обеспечения, что требует, как финансовых вложений, так и поддержки со стороны государственных структур.

В заключение, можно сказать, что интеграция VR и AR в образовательные системы – это не просто тренд, а необходимость, продиктованная временем. Успешное внедрение этих технологий в учебный процесс может стать ключом к решению многих проблем, с которыми сталкиваются современные образовательные учреждения. Мы надеемся, что результаты нашего исследования послужат основой для дальнейших разработок и внедрения VR и AR в российское образование, что, в свою очередь, приведет к созданию более эффективной и мотивирующей образовательной среды для будущих поколений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виртуальная реальность и её применение в области...» [Электронный ресурс] // nsportal.ru - Режим доступа: <https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2022/04/27/virtualnaya-realnost-i-eyo-primenenie-v-oblasti-obrazovaniya>, свободный.
2. Дополненная и виртуальная реальность в образовании [Электронный ресурс] // moluch.ru - Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/223/52655/>, свободный.
3. Полевода И.И. и др. Технологии виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-v-obrazovatelnom-protseste>.
4. Применение технологий виртуальной и дополненной... [Электронный ресурс] // science-pedagogy.ru - Режим доступа: <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1779>, свободный.
5. Использование виртуальной и дополненной реальности... [Электронный ресурс] // na-journal.ru – Режим доступа: <https://na-journal.ru/7-2023-pedagogika/5989-ispolzovanie-virtualnoj-i-dopolnennoj-realnosti-v-obrazovatelnom-processe-preimushchestva-i-perspektivy>, свободный.
6. Антониади Константин Сергеевич, Грубич Татьяна Юрьевна ПРИМЕНЕНИЕ VR И AR ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-vr-i-ar-tehnologiy-v-obrazovanii>.
7. Внедрение виртуальной... – Nataliia Ovchinnikova на vc.ru [Электронный ресурс] // vc.ru - Режим доступа: <https://vc.ru/u/441379-nataliia-ovchinnikova/346220-vnedrenie-virtualnoi-i-dopolnennoi-realnosti-v-obrazovatelnyi-process-spo>, свободный.
8. Виртуальная и дополненная реальность в образовании | Статья [Электронный ресурс] // nsportal.ru - Режим доступа: <https://nsportal.ru/shkola/materialy-metodicheskikh-obedinenii/library/2022/07/11/virtualnaya-i-dopolnennaya-realnost-v>, свободный. - Загл. с экрана
9. С.Р. Хаббиева Использование виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе // Мир науки, культуры, образования. 2024. №6 (109). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-v-obrazovatelnom-protseste/>
10. AR/VR в образовании: кейсы и выгода. Блог LikeVR. [Электронный ресурс] // likevr.ru - Режим доступа: <https://likevr.ru/blog/ar-vr-v-rossijskom-obrazovanii/>, свободный.
11. Преимущества использования дополненной и виртуальной... [Электронный ресурс] // moluch.ru - Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/531/117048/>, свободный.
12. Руководство по применению дополненной реальности... - MIXAR [Электронный ресурс] // mixar.biz - Режим доступа: https://mixar.biz/blog/ar_marketing_guide, свободный.
13. Технологии виртуальной и дополненной реальности... [Электронный ресурс] // digital.gov.ru - Режим доступа: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019vrrar.pdf>, свободный.

14. Дополненная реальность... – Алексей Ткаченко на vc.ru [Электронный ресурс] // vc.ru - Режим доступа: <https://vc.ru/id1381552/1009119-dopolnennaya-realnost-v-onlain-prodazhah>, свободный.

15. Внедрение технологии дополненной реальности для продвижения [Электронный ресурс] // earchive.tpu.ru – Режим доступа: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/72061/1/tpu1373026.pdf>, свободный.

Хмызников Кирилл Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: xkiruha@gmail.com

*Научный руководитель:
Иващук Ольга Александровна,
профессор кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

**О.Г. ХУДАСОВА
O.G. HUDASOVA**

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО МЕДИЦИНСКОГО СИМУЛЯЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MODEL OF A HARDWARE AND SOFTWARE MEDICAL SIMULATION COMPLEX

Одной из решений проблем с подготовкой высококвалифицированных специалистов может стать разработка медицинского симуляционного комплекса (СМК), который позволит в динамике проделывать различные манипуляции с «пациентом». В данной статье описывается разработка концептуальная модели программно-аппаратного медицинского симуляционного комплекса.

Ключевые слова: реабилитация, медицинский аппаратно-программный комплекс, обучение детей, обучение студентов, концептуальная модель.

One of the solutions to the problems with the training of highly qualified specialists may be the development of a medical simulation complex (QMS), which will allow performing various manipulations with the "patient" over time. This article describes the development of a conceptual model of a medical simulation software and hardware complex.

Keywords: rehabilitation, medical hardware and software complex, children's education, students' education, conceptual model.

Сейчас подготовкой медиков занимаются с раннего детства: открываются технопарки, школы юного медика, курсы оказания первой медицинской помощи, но этого недостаточно. Согласно матрице НТИ в будущем востребована будет профессия врач общей практики и врач-реабилитолог, в связи с этим существует острая необходимость в практико-ориентированном образовании в области медицины, в том числе реабилитационной медицины.

Одной из решений проблем с подготовкой высококвалифицированных специалистов может стать разработка медицинского симуляционного комплекса (СМК), который позволит в динамике проделывать различные манипуляции с «пациентом». Более того СМК может практически полностью заменить кадавров, что позволит не только начинать подготовку со школьной скамьи, но и удешевить обучение медицинских кадров. Если рассматривать существующие симуляционные медицинские и реабилитационные центры, то в них присутствуют более 90% тренажеров иностранных фирм, в силу сложившейся ситуации (введение санкций), приобретение импортных тренажеров становится практически маловероятным, а то что предлагается для российского потребителя является дорогостоящим (цены стартуют от 12 000\$, причем манекены выполняют всего несколько функций, целые комплексы не предоставляются).

Концептуальная модель строится на принципах обучения врача-реабилитолога к проведению реабилитационных процедур с использованием симуляционного медицинского комплекса. На основе проведенного анализа, первым из основных принципов построения системы определен принцип построения подсистемы симуляционного медицинского комплекса в области функциональной диагностики. В настоящее время своевременное управление критическими событиями или ситуациями

является основой клинической компетентности. Это зависит от интегрированного и связанного с командой поставщика медицинских услуг с соответствующей ориентацией на события. С этой целью происходит смена парадигмы в методологии всех уровней медицины. Теперь во время отработки практических навыков, стрессовые ситуации накладываются друг на друга. Это направлено на уменьшение погрешности во время неожиданных чрезвычайных ситуаций, происходящих в незнакомой обстановке. Этот вид обучения может предложить демонстрацию пациента, на котором отрабатываются практические навыки, клинические ситуации в этом случае являются наглядно иллюстрированными. Однако такой вид обучения не всегда может быть доступным, кроме того, в реальной жизни определенные клинические ситуации не могут гарантировать точность, воспроизведенную во время обучения. Здоровье в настоящее время рассматривается как отрасль, упор которой делается отчетность, прозрачность и гарантию качества. Это требует повышения степени профессионального регулирования и более строгий контроль здравоохранения, за всеми категориями медицинского персонала от среднего медицинского персонала до уровня специалиста высшей категории.

На рисунке 1 данные с компьютера при помощи беспроводного интерфейса передаются на набор датчиков для онлайн-регистрации реабилитационных процедур, проводимых респондентам и наоборот. Устройства сопряжения преобразуют аналоговый сигнал от микроконтроллерной системы управления и исполнительных устройств для имитации работы соответствующей анатомической подсистемы человека для «понимания» набору датчиков. Система проверяет правильность проведения процедур, например, правильно ли двигаются руки при каком-то определенном заболевании, контролирует правильную постановку выполнения реабилитационных процедур согласно заданным параметрам.

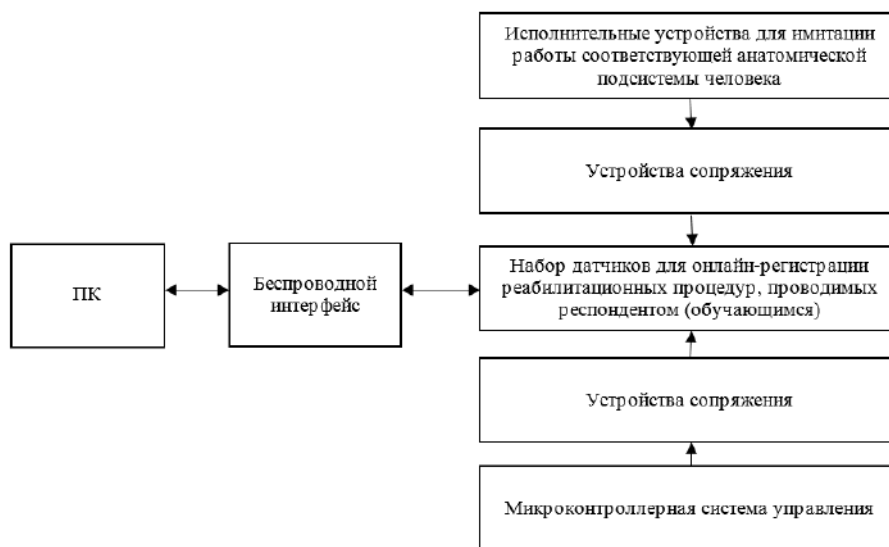


Рисунок 1– Концептуальная модель работы симуляционного медицинского комплекса

Следовательно, новые методы обучения пытаются преодолеть разрыв между традиционным «Дидактическим» медицинским обучением (лекции, учебные пособия, лабораторные работы, консультации). И обучением, основанным на моделировании клинических ситуаций, направленного на то, чтобы обеспечить правильное взаимоотношение и повысить уровень навыков среди медицинского персонала, чтобы справиться с реальными ситуациями в соответствии с запланированными и предписанными правилами без ущерба для этических и юридических прав пациентов, таким образом для адекватной работы медицинского симуляционного комплекса необходимо предусмотреть различного рода воздействия и восприятие различных состояний. Воздействие: тактильное,

медицинские манипуляции, термальные. Восприятие различных состояний: локальные изменения, симптоматическая диагностика, различные состояния. Структурная схема предлагаемого решения представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная схема предлагаемого решения

Преимущества перед аналогами:

- конструкция аппаратно-программного комплекса обеспечивает удобную установку и коммутацию отдельных модельных подсистем органов, реализующих соответствующие функции;
- манекены и наборы конструкторов являются дорогостоящими, имеют узкую направленность, отсутствует возможность модификации;
- система управления предлагаемой конструкцией является распределенной. Каждый моделируемый орган имеет свой независимый источник питания и микроконтроллерную систему управления;
- в связи с присутствием в системе модельных жидкостей и исполнительных элементов их транспортирующих предусмотрены конструктивные элементы защитного отключения и защиты при повреждениях.

Таким образом, разработка программно-аппаратного медицинского симуляционного комплекса является актуальной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аппаратно-программные технологии в реабилитации постинсультных больных / Д. И. Ушаков, Л. А. Камышникова, А. Ю. Алейников [и др.] // Научный результат. Информационные технологии. – 2021. – Т. 6, № 1. – С. 3-12. – DOI 10.18413/2518-1092-2021-6-1-0-1. – EDN DOFGSX
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020665610 Российская Федерация. Программа для тестирования и отладки работы функциональных элементов симуляционного медицинского комплекса для образовательных и медицинских учреждений : № 2020664580 : заявл. 20.11.2020 : опубл. 27.11.2020 / О. Г. Худасова ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный национальный исследовательский университет" (НИУ "БелГУ"). – EDN IJBVPV

Худасова Ольга Геннадьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем

Email: lhudasova_og@bsuedu.ru

Научный руководитель:
Федоров Вячеслав Игоревич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

P.O. ЧЕПЕНКО, Ю.Г. ХУДАСОВА, М.Е. МАМАТОВ,
О.Г. ХУДАСОВА, О.М. ШЕМЕТОВА
R.O. CHERPENKO, YU.G. HUDASOVA, M.E. MAMATOV,
O.G. HUDASOVA, O.M. SHEMETOVA

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОДВИЖНОСТИ ПАЛЬЦЕВ КИСТИ РУКИ DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE FINGER MOBILITY REHABILITATION SYSTEM

В данной статье авторы показывают метод, который может использоваться в травматологии для восстановления подвижности и амплитуды движений в суставах запястья и пальцев, потерянных из-за травм (например, переломов предплечья) или заболеваний (как инсульт), показана модель структуры системы реабилитации верхних конечностей. Результативность реабилитации обеспечивается своевременным использованием профилактических мер против осложнений и коррекцией возникших последствий. Процесс должен быть постоянным и многогранным, включая все требуемые мероприятия, в том числе использование роботизированных устройств.

Ключевые слова: реабилитация подвижности пальцев кисти руки, реабилитация, роботизированное устройство для реабилитации, реабилитационная система.

In this article, the authors show a method that can be used in traumatology to restore mobility and range of motion in the joints of the wrist and fingers lost due to injuries (such as forearm fractures) or diseases (such as stroke). The effectiveness of rehabilitation is ensured by the timely use of preventive measures against complications and correction of the consequences that have arisen. The process should be continuous and multifaceted, including all required activities, including the use of robotic devices.

Keywords: rehabilitation of finger mobility, rehabilitation, robotic device for rehabilitation, rehabilitation system.

Кисти рук – самая функциональная и одновременно хрупкая часть скелета человека. Повседневные дела, уход за собой и профессиональная деятельность невозможны без здоровых кистей. Травмы могут включать переломы костей запястья и фаланг, повреждения суставов и сухожилий, а также глубокие гематомы, сдавливающие мягкие ткани. Повреждение тканей и органов, известное как травма, может включать поражение спинного или головного мозга, позвоночника, а также неврологические заболевания, что нередко ведет к утрате или нарушению движений в руках. Восстановление повреждений, особенно сухожилий сгибателей пальцев кисти, затруднено из-за сложного строения и разнообразия функций этого органа. При разрыве сухожилий сгибателей пальцы мгновенно отводятся к проксимальному отделу. Сокращение сухожилия зависит от мышечного напряжения и поддержки в момент травмы [3]. Глубокий сгибатель сокращается максимум на 2–3 см благодаря действию червеобразной мышцы. Через несколько недель мышечные волокна теряют эластичность, и шовное соединение становится невозможным. Нарушенное кровоснабжение приводит к сращиванию сухожильных концов с соседними тканями, а грубое рубцевание образуется даже при швах на уровне основной фаланги. В связи с этим требуется очень долго восстановление.

Переломы пальцев кисти бывают двух типов: закрытые, когда ткани вокруг перелома не повреждены, и открытые, сопровождающиеся нарушением целостности кожи и мягких тканей. Большинство таких переломов (около 99%) являются закрытыми. По данным травматологов, травмы пальцев кисти чаще всего случаются зимой (19%),

осенью (26%), весной (17%) и летом (38%), причем основная причина – падения на скользких участках, таких как гололедица, а также порезы сухожилий при заготовке запасов на зиму. Также зафиксированы термические травмы. Термические травмы – результат длительного воздействия высоких температур (ожогов) от контакта с нагретыми объектами или низких температур (обморожений) из-за погодных факторов. Радиационное воздействие на верхние конечности, в том числе, и травмирование пальцев кисти руки, проявляется в виде радиодерматита, который может включать появление волдырей, отёков и покраснений.

Физическая реабилитация играет важную роль в восстановлении функций конечностей после травм или заболеваний. Она включает индивидуальные физические упражнения, а также методы массажа, мануальной терапии, ЛФК, физиотерапии и механотерапии. Массаж стимулирует кровообращение, ЛФК ускоряет восстановление через упражнения, а мануальная терапия воздействует непосредственно на повреждённую зону [2]. Физиотерапия ускоряет заживление переломов благодаря использованию магнитного поля, ультрафиолета, инфракрасного излучения, а также воздействия тепла и холода. Механотерапия применяется для восстановления функций конечностей с помощью специализированного оборудования. Наиболее эффективным подходом считается комбинация различных методов физической реабилитации, что значительно улучшает восстановление функций верхних конечностей. Механотерапия основана на поэтапном повышении физической нагрузки, улучшая общее состояние организма. Она помогает пациентам восстанавливать двигательные навыки после травм, предотвращает мышечную атрофию и возвращает исходную функциональность конечностей. Классификация аппаратов механотерапии представлена на рисунке 1.

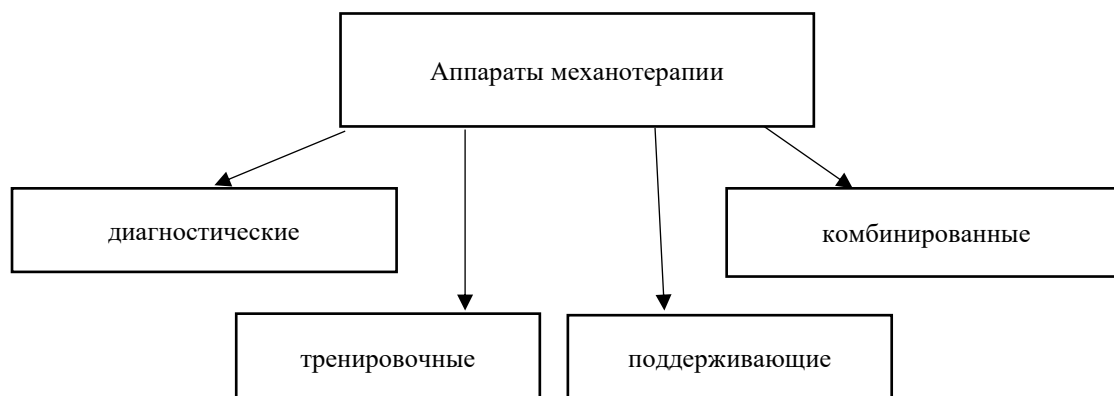


Рисунок 1 – Классификация аппаратов механотерапии

Аппаратная механотерапия бывает активной (самостоятельное использование оборудования пациентом), пассивной (автоматическое движение тренажером) и активно-пассивной (смешанный подход). Аппараты механотерапии подразделяются на три группы исходя из их конструкции и функционального назначения. Использование реабилитационных систем с биологической обратной связью стало международным трендом в восстановлении функций рук у пациентов после инсульта, травм и повреждений нервов. Роботизированная механотерапия – современное достижение, направленное на скорейшее восстановление двигательных функций [1]. Аппараты используются для лечения суставов после операций, предотвращения посттравматических осложнений и восстановления подвижности и чувствительности.

Планируется разработать комплекс для реабилитации пациентов после травм и болезней, повлиявших на функции кисти и пальцев. Тренировки будут проводиться через компьютерный интерфейс с использованием робототехнического устройства, которое контролирует движения руки и помогает в выполнении упражнений. Для визуализации будущей системы реабилитации подвижности пальцев кисти руки разработана модель структуры системы реабилитации верхних конечностей, представленная на рисунке 2.

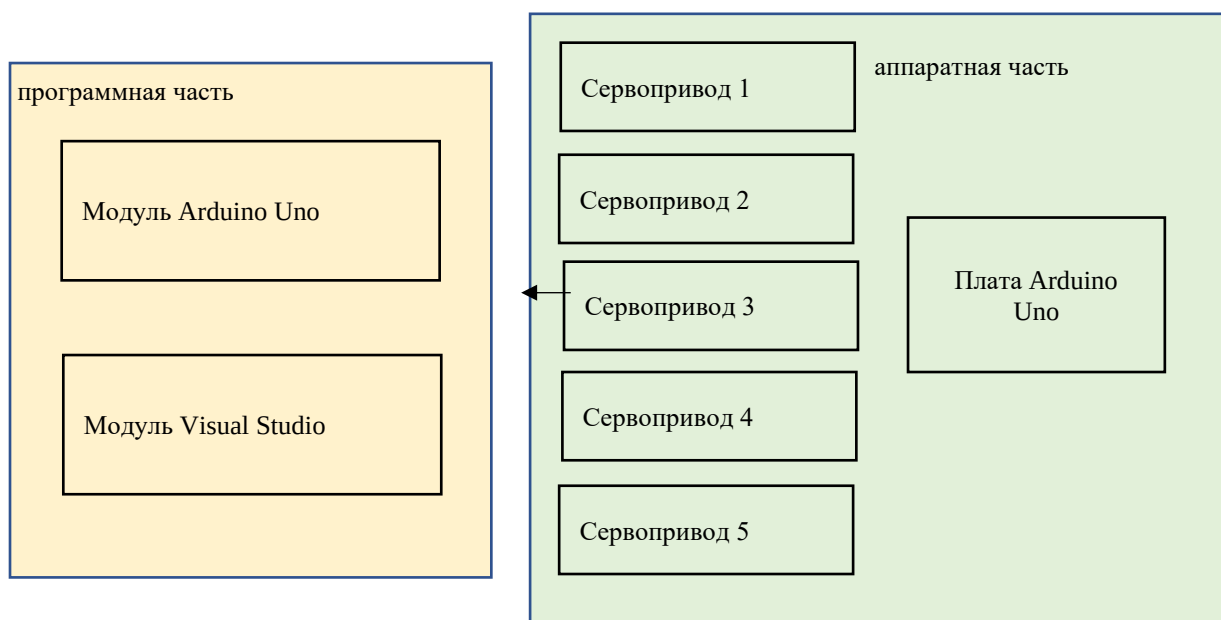


Рисунок 2 – Модель структуры системы реабилитации верхних конечностей

Система состоит из программной и аппаратной частей. Программная часть содержит два модуля: один управляет платой Arduino, второй разрабатывается в Visual Studio для проведения реабилитационных тренировок. Датчики сопротивления измеряют положение пальцев: «25» – раскрытое, «5» – сжатое. Сигналы обрабатываются модулем Arduino UNO R3, который синхронизируется с Visual Studio для проведения компьютерных тренировок.

Структурная модель наглядно показывает компоненты системы для реабилитации верхних конечностей. Аппаратная часть включает бионическую перчатку с пятью датчиками сопротивления и платой Arduino UNO R3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619672 Российская Федерация. Программа для организации и поддержки процесса реабилитации пациентов с заболеваниями кисти и пальцев рук : № 2023617733 : заявл. 26.04.2023 : опубл. 15.05.2023 / А. В. Варфоломеев, К. Х. Давлетчурин, В. А. Дунаева [и др.] ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный национальный исследовательский университет". – EDN IRJUME.. – 2019. – Т. 19, № S2. – С. 103-109. – DOI 10.14529/hsm19s214. – EDN JHTUJV
2. Неживая, Ю. Н. Системный анализ проблематики управления процессами реабилитации кистей и пальцев рук / Ю. Н. Неживая, Е. С. Травова, А. Е. Водопьянов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2023. – № 3(23). – С. 85-100. – EDN RNKHON
3. Легкая, Е. Ф. Развитие предметно-манипулятивной деятельности рук под влиянием информационно-коммуникативных технологий у больных детским церебральным параличом / Е. Ф. Легкая, Е. В. Костенко, Л. С. Ходасевич // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5, № 3(16). – DOI 10.51871/2588-0500_2021_05_03_1. – EDN DEWDLX

Чепенко Руслан Олегович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

Email: 1561081@bsuedu.ru

Худасова Юлия Геннадьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

Email: khudasova_yu@bsuedu.ru

Маматов Михаил Евгеньевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: 1333190@bsuedu.ru

Худасова Ольга Геннадьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем

Email: hudasova_og@bsuedu.ru

Шеметова Ольга Михайловна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Ассистент кафедры информационных и робототехнических систем

Email: shemetova_o@bsu.edu.ru

*Научный руководитель:
Федоров Вячеслав Игоревич,
доцент кафедры информационных
и робототехнических систем,
НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)*

Ф.Ш. ШОДМОНОВ, Л.И. ХУДАСОВА, М.Е. МАМАТОВ,
О.Г. ХУДАСОВА, О.М. ШЕМЕТОВА
F.SH. SHODMONOV, L.I. HUDASOVA, M.E. MAMATOV,
O.G. HUDASOVA, O.M. SHEMETOVA

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА DEVELOPMENT OF A ROBOTIC DEVICE FOR KNEE JOINT REHABILITATION

В данной статье авторы заостряют внимание на важность реабилитации при повреждении коленного сустава, приведена функциональная модель системы реабилитации на основе робототехнического устройства для реабилитации нижних конечностей человека, представлено описание устройства для реабилитации коленного сустава и его основные характеристики.

Ключевые слова: реабилитация коленного сустава, реабилитация, роботизированное устройство для реабилитации, реабилитационная система.

In this article, the authors focus on the importance of rehabilitation in case of knee joint injury, a functional model of a rehabilitation system based on a robotic device for the rehabilitation of human lower extremities is presented, a description of the device for knee joint rehabilitation and its main characteristics is presented.

Keywords: knee joint rehabilitation, rehabilitation, robotic device for rehabilitation, rehabilitation system.

Острые травмы нижних конечностей часто возникают из-за ДТП, спортивных занятий, активного отдыха или несчастных случаев на работе. У детей это обычно связано с занятием спортом, например, футболом, велосипедным спортом или лыжами, а также случайными падениями. У пожилых людей переломы обусловлены потерей устойчивости, уменьшением мышечной массы и плотности костей. Тип перелома зависит от вида травмы (сдвиг, сгибание, скручивание, компрессия или отрыв). Тяжёлые повреждения приводят к нарушению функций, болевому синдрому, изменению походки и дегенерации суставов. Высокая частота и сложность переломов, а также большие расходы на лечение определяют социальную значимость проблемы.

Проблема усугубляется активным внедрением новых хирургических методик, недостатком внимания к реабилитационным мероприятиям и отсутствием комплексного подхода. Это подтверждается долгими сроками восстановления и высоким процентом неудовлетворительных результатов.

Реабилитация после операций на коленном суставе – важный этап, завершающий лечение. Период восстановления длится от 6 недель до 9 месяцев, а иногда до 3 лет. Полное восстановление функций достигается лишь у 55-73% пациентов, а частота инвалидности составляет 1,9-6,5%. Таким образом, усовершенствование послеоперационной реабилитации является многообещающим способом улучшения качества лечения пациентов с внутрисуставными повреждениями коленного сустава и их последствиями [1].

Травмы опорно-двигательного аппарата остаются серьёзной проблемой для населения многих стран, особенно среди трудоспособного населения. Причины травм многообразны: ухудшение здоровья, несчастные случаи на производстве и в быту, неправильное проведение тренировок и оздоровительных занятий, неподготовленность к нагрузкам, ошибки в технике выполнения упражнений и другие факторы.

Физическая реабилитация направлена на восстановление утраченных или ослабленных психофизических функций человека. Основой процесса является лечебная физкультура с постепенно возрастающими физическими нагрузками, что помогает вернуть трудоспособность [3]. Эксперты по физической реабилитации дополняют арсенал средств ЛФК, добавляя трудотерапию, механотерапию и массаж. Епифанов В.А. видит массаж как отдельный метод, а Дубровский В.И. относит механотерапию и трудотерапию к формам ЛФК, наряду с гимнастикой, утренними упражнениями, прогулками, ближним туризмом и гидрокинезотерапией.

Главная цель постоперационной реабилитации – уменьшить боль и отёк, для чего используется криотерапия. Этот метод снижает болевые ощущения, уменьшает отёк и спазмы, замедляет метаболизм в тканях и нервную проводимость, способствуя восстановлению. Многие исследователи отмечают эффективность криотерапии в первые 12–72 часа после операции, снижающую боль и отёк. Для восстановления после реконструкции связок применяются холодные компрессы, охлаждающие устройства и ледяной массаж. Холодное сжатие считается наиболее эффективным методом, поскольку минимизирует риск некроза кожи [2]. Процедуры проводятся по 20–30 минут каждые 2 часа в первые 12–72 часа после операции. Противопоказания включают повышенную чувствительность к холоду и вазоспастические нарушения. Преимущества криотерапии – доступность и лёгкость применения, что позволяет использовать её в домашних условиях. После уменьшения отёков основной задачей становится нормализация кровообращения, профилактика застоев и контрактур. С этой целью уже со второго дня назначают физические упражнения и массаж. Основой реабилитации являются физические упражнения, выполняемые в форме лечебной гимнастики и гидрокинезотерапии.

Существует два основных режима работы реабилитационных систем для восстановления двигательных функций (ДФ). Первый режим не предусматривает активное участие пациента – экзоскелет выполняет запрограммированные движения, например, переход из положения сидя в стоячее.

Второй режим использует электрофизиологические сигналы для создания биотехнической обратной связи, позволяя пациенту взаимодействовать с устройством для реабилитации коленного сустава.

Разрабатываемое устройство для реабилитации коленного сустава помогает контролировать движение коленной чашечки при сгибании и разгибании сустава. Он оснащен креплениями для бедра и голени, боковым стабилизирующим элементом, зафиксированным натяжными лентами, и направляющим элементом, поддерживающим чашечку сбоку. Надставки этого элемента прикреплены к бедру и голени лентами, создавая необходимую тягу. Элементы устройства имеют эластичные ленты. Внешний вид устройства для реабилитации коленного сустава представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид устройства для реабилитации коленного сустава

Основная часть соединена с боковой лентой, которая допускает смещение и более эластична, чем остальные участки. Эластичность лент рассчитана так, что при сгибании колена сначала растягивается именно боковая лента. Ограничитель растяжения боковой ленты контролирует угол сгибания коленного сустава, позволяя далее растягиваться преимущественно медиальным участкам. Это улучшает управление движением коленной чашечки и повышает комфорт использования устройства.

Устройство для реабилитации для коленного сустава, управляющий движением коленной чашечки при сгибании и разгибании, включает крепежные элементы для бедра и голени, стабилизирующие и направляющие части, а также систему эластичных лент. Боковая лента, более эластичная, растягивается первой при сгибании, а при большем угле задействуются медиальные участки.

Устройство для реабилитации коленного сустава регулирует положение коленной чашечки при изменении позиции сустава. Оно оснащено фиксаторами для бедра и голени, боковым стабилизатором, системой натяжных лент и направляющей конструкцией. Направляющая крепится к чашечке через боковую основу с медиальными надставками, создавая медиальную тягу.

Разрабатываемое устройство стабилизирует пателлу при нарушениях её положения в головке большеберцовой кости, вызванных аномалиями или травмами, особенно в прямом положении сустава. Оно предотвращает болезненное смещение пателлы при сгибании и поддерживает правильное положение чашечки даже при утрате естественной стабилизации во всём диапазоне движений. Устройство для реабилитации коленного сустава не стабилизирует коленную чашечку при переходе от выпрямленного к согнутому положению, но и помогает производить разработку сустава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасенкова, А.Д. Ранние результаты первичного робот-ассистированного эндопротезирования коленного сустава с использованием системы Stryker Mako / А. Д. Герасенкова, А. К. Орлецкий, А. А. Шумский [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 2. – С. 13. – DOI 10.17513/spno.33312. – EDN MFFCNC

2. Лычагин, А.В. Первый опыт применения новой генерации активного робота в первичном тотальном эндопротезировании коленного сустава / А. В. Лычагин, А. А. Грицюк, Я. А. Рукин [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2024. – № 1(55). – С. 22-29. – DOI 10.17238/2226-2016-2024-1-22-29. – EDN FVXTBR

3. Петрова, Л.Н Опыт разработки пассивного экзоскелета для реабилитации нижних конечностей у детей с ДЦП / Л. Н. Петрова, А. В. Шевцов, А. А. Петров, Д. Х. Яхин // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № S2. – С. 103-109.

Шодмонов Фирдавсхуджа Шодмонхуджаевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
Email: 1590074@bsuedu.ru

Худасова Людмила Ивановна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Студент кафедры информационных и робототехнических систем
Email: 1862836@bsuedu.ru

Маматов Михаил Евгеньевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Аспирант кафедры информационных и робототехнических систем
E-mail: 1333190@bsuedu.ru

Худасова Ольга Геннадьевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем
Email: hudasova_og@bsuedu.ru

Шеметова Ольга Михайловна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)
Ассистент кафедры информационных и робототехнических систем
Email: shemetova_o@bsu.edu.ru

Научный руководитель:
Щербинина Наталья Владимировна,
доцент кафедры информационных и
робототехнических систем,
НИУ «БелГУ», г. Белгород

А.В. ЯНОВСКИЙ
A.V. YANOVSKY

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА ОТ ШУМОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ AN INTELLIGENT SYSTEM FOR AUDIO SIGNAL DENOISING OF DIVERSE NOISE ORIGINS

В статье рассматривается актуальная проблема очистки речевых сигналов от шумов различного происхождения с использованием современных нейросетевых методов. Особое внимание уделяется гибридным подходам, сочетающим традиционные алгоритмы цифровой обработки сигналов (DSP) и глубокое обучение, таким как RNNoi (на основе GRU-сетей) и WaveNet.

Статья демонстрирует перспективность нейросетевых методов в задачах шумоподавления. Для дальнейшего развития предлагается адаптация архитектур под целевые виды шумов и оптимизация вычислительных ресурсов.

Ключевые слова: Шумоподавление, нейронные сети, звуковой сигнал, алгоритм, система.

This paper addresses the critical challenge of speech signal denoising against diverse noise sources using modern neural network-based approaches. We focus on hybrid methods that combine traditional digital signal processing (DSP) techniques with deep learning architectures, such as GRU-based RNNNoise and WaveNet. Our study highlights the effectiveness of neural networks in noise suppression tasks, demonstrating their superior performance compared to conventional methods.

Furthermore, we discuss the adaptability of these architectures to target-specific noise types and explore computational optimization strategies to enhance their practical deployment. The results suggest promising directions for future research, including tailored model adjustments and resource-efficient implementations to improve real-world applicability.

Keywords: Noise suppression, neural networks, audio signal, algorithm, system.

За последние несколько лет нейросети претерпели множество изменений и, как следствие, получили большой скачок в развитии. В современном мире это не просто небольшой помощник, который может создать простую картинку по описанию или выполнить другие простые задачи. Использование нейросетей практически во всех сферах жизни общества на сегодняшний день является необходимым, так как это значительно упрощает человеческий труд, дает большую точность в работе, и даже помогает проводить разработки и совершать научные прорывы. Одним словом, нейросети являются общепризнанным современным инструментом решения практически любых задач.

Одной из таких задач является очистка звукового сигнала от шумов различного происхождения. Как пример можно взять речевой сигнал, который в процессе записи может подвергаться влиянию различных шумов, что происходит вследствие плохого качества звукозаписывающей аппаратуры, шумов микрофона, обстановки в целом или различных электромагнитных воздействий. Особенно это актуально, например, для репортажей, проходящих в условиях повышенной зашумленности (например, в плохих погодных условиях, природных катаклизмов) или при распознавании архивных записей, которые могли быть записаны с использованием низкокачественной для современного времени аппаратуры. Хорошо обученная нейронная сеть может справиться с такими задачами, как очистка сигнала от сильных шумов или распознать речевой сигнал, записанный в плохом качестве.

Главной целью очистки сигнала является доведение его качества до уровня, приемлемого для его комфортного прослушивания и понимания, при сохранении идентификационно-значимых свойств и характеристик речи, так как установление интонации, например, может повлиять на характер распознавания условной архивной записи для использования правоохранительными структурами в целях прояснения конфликтной ситуации [6].

Таким образом, создание инновационных алгоритмов обработки речи, направленных на улучшение разборчивости звуковых сигналов в условиях шумовых помех, представляет собой важную научно-практическую задачу. Её решение востребовано в сферах, где критична точность передачи и анализа голосовых данных, а также распознавание иных сигналов в условиях сильной зашумленности обстановки.

Несмотря на значительные улучшения в качестве нейронных систем, их высокоуровневая архитектура почти не претерпела изменений. Очистка звукового сигнала возможна благодаря спектральной оценки шума, которая работает при поддержке алгоритмов, включая VAD – детектор голосовой активности, или более современных альтернатив, таких как IBM (Ideal Binary Mask), которая позволяет модели предсказывать бинарную маску речь/шум для каждого кадра спектрограммы, или же WaveNet, модель которого напрямую преобразует зашумленный сигнал в чистый. Актуальной на сегодняшний день остается гибридная система RNNoise – рекуррентная нейронная сеть с ячейками GRU (Gated Recurrent Unit). Она позволяет эффективно анализировать последовательности (например, спектрограммы) и помогает отделять речь от шума [1-3].

Большинство алгоритмов шумоподавления, основанные на нейросетях, предполагают использование в автоматическом распознавании речи, при этом они могут испытывать высокую задержку, а их вычислительная мощь не является определяющим фактором (рисунок 1).



Рисунок 1 – Высокоуровневая структура большинства алгоритмов шумоподавления

Для очистки, например, речевого сигнала целесообразнее применить гибридный подход, который использует как известные методы шумоподавления, так и обучение нейронной сети, которые с трудом настраиваются в обычных системах. Суть метода представлена на схеме (рисунок 2).

Для правильной работы нейронной сети, однако, требуется для начала правильно подключить и обучить эту сеть, настроить ее на определенную задачу. Обучение нейронной сети строится на определенной математической модели, и для него требуется база данных или иным образом структурированные данные, с помощью которых нейросеть будет получать необходимую информацию. Для этой цели была взята готовая база данных, которая собирается организацией Mozilla. Она содержит набор уникальных MP3- аудио и соответствующих им текстовых файлов, а также демографические метаданные (пол, возраст, акцент) для более точного обучения нейросети с учетом голосовых особенностей человека.

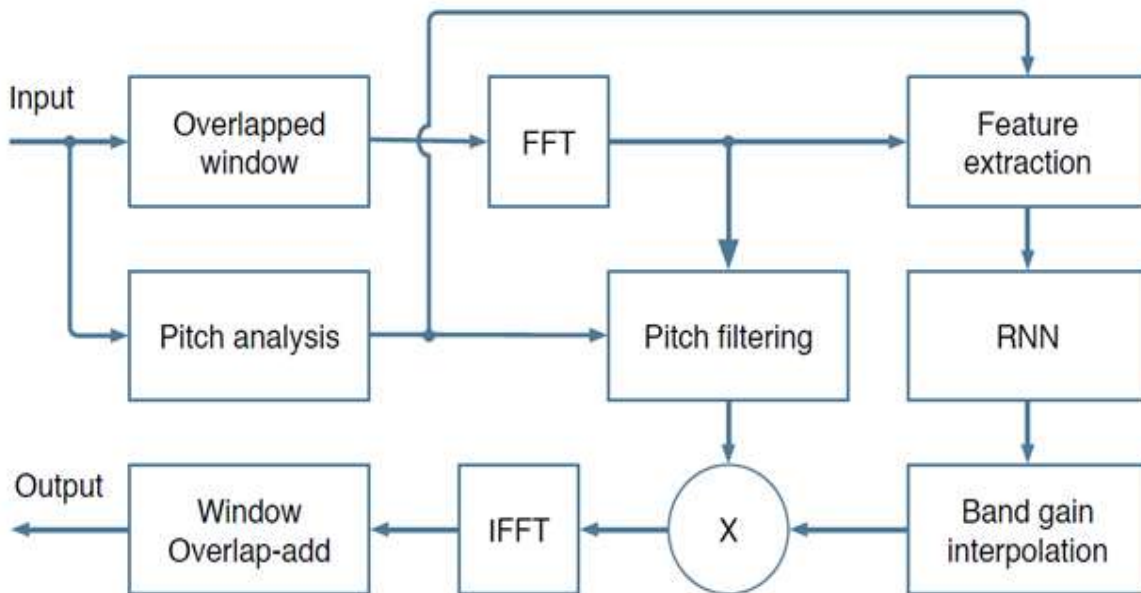


Рисунок 2 – Схема гибридной обработки сигнала

Дальнейшая работа происходит в MatLab. Для обучения нейросети используется объект audioDatastore для создания набора данных:

```

dataFolder = "C:\Users\User\Dip\ncv";
adsTrain = audioDatastore(fullfile(dataFolder,'cv'),'IncludeSubfolders',true);
reduceDataset = true;
if reduceDataset
    adsTrain = shuffle(adsTrain);
    adsTrain = subset(adsTrain,1:1000);
end

```

После получения содержимого первого файла в datastore строится график этого сигнала:

```

[audio,adsTrainInfo] = read(adsTrain);
sound(audio,adsTrainInfo.SampleRate);
figure
t = (1/adsTrainInfo.SampleRate) * (0:numel(audio)-1);
plot(t,audio)
title("Звук для обучения")
xlabel("Время (с)")
grid on

```

Для очистки речи от шумов можно использовать 2 вида нейронных сетей – с полносвязными слоями и сверточными слоями. Нейронная сеть с полносвязными слоями состоит таким образом, что каждый нейрон в полностью соединенном слое связан со всеми активациями предыдущего слоя. Второй тип нейронной сети – со сверточными слоями, в них используется 2D слой, который применяет скользящие фильтры ко входу. Слой свертывает входы и перемещает фильтры вертикально и горизонтально относительно входов и вычисляя точечный продукт весов и входов, затем добавляя смещение. Сверточные слои имеют меньше параметров, чем полносвязные слои [6].

Для проведения эксперимента была выполнена запись одной и той же фразы разными дикторами с параметрами: частота дискретизации $f=8$ кГц, разрядность 16 бит, моно. Операции проводились с помощью среды MatLab. Первично необходимо загрузить речевой сигнал. Осциллограмма речевого сигнала представлена на рисунке 3.

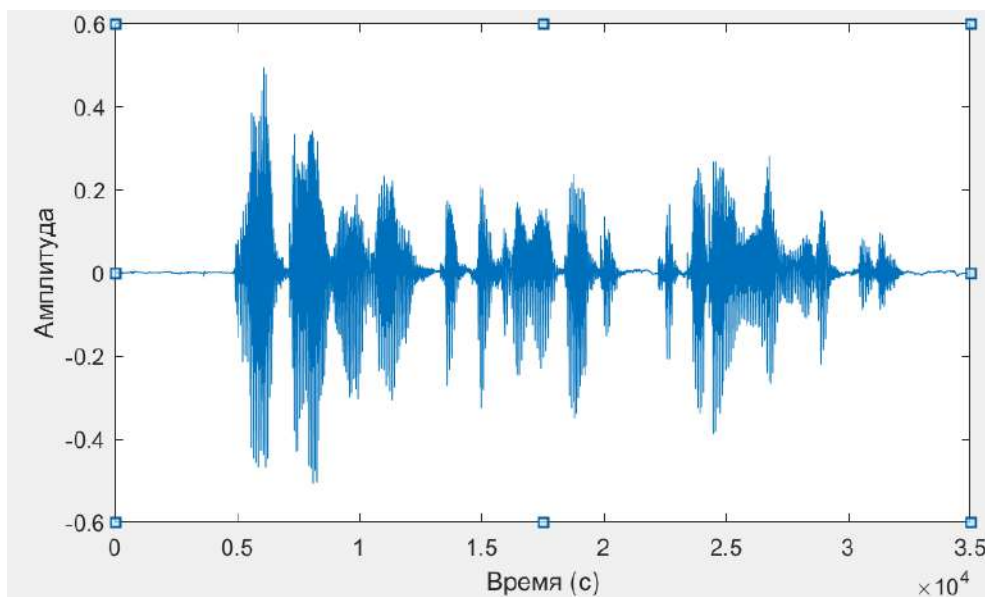


Рисунок 3 – Осциллограмма исходного речевого сигнала

Далее были наложены различные виды шумов – белый, розовый, коричневый и т.д., шумы классифицируются в соответствии со своим PSD (спектральной плотности мощности) и отражают аналогию со своими оптическими спектрами.

Разные шумы оказывают различное влияние на речевой сигнал при прослушивании. Например, наложение синего шума создает шипение, а громкость речи становится тише, чем в исходном звуковом файле. Фиолетовый шум представляет собой незначительные потрескивания, а голос диктора остается практически прежним по громкости [6].

По результатам проведенного эксперимента, был сделан вывод, что нейронная сеть со сверточными слоями показывает лучший результат, чем нейросеть с полносвязными слоями. Наилучший результат показала нейросеть при очистке речевого сигнала от коричневого шума, его удалось практически полностью удалить из звуковой записи, однако, при прослушивании очищенной записи были замечены незначительные артефакты в виде шипения, но это не повлияло на разборчивость голоса диктора. Наихудший результат нейросеть со сверточными слоями показала при очистке сигнала от белого шума, ведь несмотря на то, что уровень шума стал значительно ниже, разборчивость текста также ухудшилась. При этом, если выполнить дополнительное обучение нейросети для очистки звукового сигнала от каждого отдельного вида шума, можно добиться значительного улучшения результатов шумоочистки.

Таким образом, был проведен анализ существующих шумов, которые оказывают влияние на звуковой сигнал. Использование продукта MatLab позволяет смоделировать данные виды шумов, оценить их спектральные характеристики и изменять их параметры. Проведен анализ работы систем с двумя типами нейросетей – с полносвязными и сверточными слоями. Нейросети были обучены при помощи специально подобранной базы данных с заранее записанными речевыми сигналами.

Использование нейросетей помогает добиваться достаточно внушительных показателей при очистке звукового сигнала от шумов различного происхождения, недостаток их в том, что могут появляться незначительные артефакты, например, в виде шипения, однако это не затрудняет разборчивость сигнала, разве что в случае с белым шумом результат оказался хуже. Для достижения лучших показателей и для усовершенствования используемой нейронной сети можно также провести дополнительное обучение для очистки сигнала от определенных шумов, что значительно увеличит качество обработки. Нейронные сети представляют большую перспективу в отрасли очистки звука от шумов, и работа над созданием и модернизацией нейросетей необходима и, несомненно, принесет свои плоды в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аграновский, А.В. Теоретические аспекты алгоритмов обработки и классификации речевых сигналов / А.В. Аграновский, Д.А. Леднов – М.: Радио и связь, 2004. – 164 с.
2. Айфичер, Э.С. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание [Текст] / Пер. с англ. / Э.С. Айфичер, Б.У. Джервис М.: Вильяме, 2004. -992с.: ил.
3. Гольденберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов: справочник / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. – М.-: Радио и связь, 1985. – 308 с.
4. Сорокин, В.Н. Первичный анализ речевых сигналов / В. Н. Сорокин, Д.Н. Чепелев // Акустический ж. – 2005. – Т.51, №4. – С.536-542.
5. Радзишевский, А. Компьютерная обработка звука / А. Радзишевский. – М.: Нолидж, 2000. – 240 с.
6. Яновский, А.В. Фильтрация речевых сигналов в условиях воздействия акустических шумов – выпускная квалификационная работа, 2022. – 51с.

Яновский Андрей Витальевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (г. Белгород, Россия)

Студент кафедры информационных и робототехнических систем

E-mail: and.yanovskiy@gmail.com

*Научное электронное издание
сетевого распространения*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНЖИНИРИНГ

Сборник материалов
студенческой научно-практической конференции

г. Белгород, 23 апреля 2025 г.

Публикуется в авторской редакции

Оригинал-макет: Н.А. Вус
Обложка: Н.М. Сысоева
Выпускающий редактор: В.С. Берегова

Подписано к использованию 01.08.2025.
Гарнитура Times New Roman. Объем издания – 14,5 МБ
Оригинал-макет подготовлен в ЦПП ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48