

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ



НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

- ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
- ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ
- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ
- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
- КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
- УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
- ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНФЛИКТОЛОГИЯ
- АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

ВЫПУСК № 1 (39), 2026

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Выпуск № 1 (39)

Март, 2026

- **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ**
- **ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ**
- **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ
СИСТЕМЫ И БИЗНЕС-АНАЛИТИКА**
- **АЛГОРИТМЫ, ПРОГРАММЫ И БАЗЫ
ДАННЫХ**

ВОРОНЕЖ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»
(394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84)

Территория распространения - Российская Федерация

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

Главный редактор - Д.К. Проскурин, канд. физ.-мат. наук, доц.

Зам. главного редактора - Т.В. Азарнова, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь – О.В. Курипта, канд. техн. наук, доц.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Баркалов С.А., д-р техн. наук, проф. (ВГТУ)
Бондаренко Ю.В., д-р техн. наук, проф. (ВГУ)
Воронина И.Е., д-р техн. наук, проф. (ВГУ)
Горошко И.В., д-р техн. наук, проф. (УП РФ)
Аснина Н.Г., канд. техн. наук, доц. (ВГТУ)
Каширина И.Л., д-р техн. наук, проф. (ВГУ)
Леденева Т.М., д-р техн. наук, проф. (ВГУ)

Ряжских В.И., д-р техн. наук, проф. (ВГТУ)
Толстых Т.О., д-р экон. наук, проф. (МИСИС)
Барабанов В.Ф., д-р техн. наук, проф. (ВГТУ)
Смолянинов А.В., канд. техн. наук, доц. (ВГТУ)
Угольницкий Г.А., д-р физ.-мат. наук, проф. (ЮФУ)
Чопоров О.Н., д-р техн. наук, проф. (ВГМУ)

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Материалы публикуются в авторской редакции.



© ВГТУ, 2026

Дата выхода в свет 16.03.2026. Объем данных 20,3 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>Е.А. Шипилова, Д.В. Игнатов, М.С. Снимщиков</i> Математическое моделирование и анализ траектории движения снаряда на основе необработанных локационных данных и с их предварительной фильтрацией.....	<i>E.A. Shipilova, D.V. Ignatov, M.S. Snimshchikov</i> Mathematical modeling and analysis of the trajectory of the projectile based on raw location data and with their preliminary filtration	6	6
<i>И.В. Сухан, К. В. Цой</i> Эффективные алгоритмы поиска гамильтонова цикла во взвешенных графах.....	<i>I.V. Sukhan, K.V. Tsoi</i> Efficient algorithms for searching for a hamiltonian cycle in weighted graphs.....	10	10
<i>А.В. Смольянинов</i> Основы математического обеспечения программной реализации алгоритмов управления.....	<i>A.V. Smolyaninov</i> Fundamentals of mathematical support for software implementation of control algorithms.....	18	18
<i>С.В. Глущенко</i> О степени склонности к риску систем в конфликтном взаимодействии.....	<i>S.V. Glushchenko</i> On the degree of risk propensity of systems in conflict interactions.....	23	23
<i>Р.Р. Хакимов, Р.С. Зарипова</i> Формализация процессов информационного обмена между BIM-платформами и ERP-системами в строительстве.....	<i>R.R. Khakinov, R.S. Zaripova</i> Formalization of information exchange processes between BIM platforms and ERP systems in construction.....	26	26
<i>Т.Р. Измайлов, Р.С. Зарипова</i> Феномен цифрового следа в архитектуре социального скоринга	<i>T. R. Izmailov, R. S. Zaripova T</i> he phenomenon of the digital footprint in the architecture of social scoring	30	30

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ И БИЗНЕС-АНАЛИТИКА

<i>И.Д. Сергеев, Е.А. Салтанаева</i> Создание CRM системы для ведения страйкбольного клуба	<i>I.D. Sergeev, E.A. Saltanaeva</i> Creating a CRM system for the management of the airsoft club.....	34	34
<i>Э.И. Ахмадуллина, Е.А. Салтанаева</i> Геоинформационная система для анализа влияния инфраструктуры и транспортной доступности на рынок недвижимости	<i>E.I. Akhmadullina, E.A. Saltanaeva</i> Gis system for analyzing the impact of infrastructure and transport accessibility on the real estate market	37	37
<i>С.В. Рязанцев, Е.А. Хромых</i> Разработка информационной модели оценки качества продукции	<i>S.V. Ryazantsev, E.A. Hromyh</i> Development of an information model for product quality assessment.....	43	43
<i>Т.Р. Измайлов, Р.С. Зарипова</i> Анализ инструментов бизнес-аналитики для малого бизнеса	<i>T.R. Izmailov, R.S. Zaripova</i> Analysis of business analytics tools for small businesses	51	51
<i>А.Н. Коломиец, Е.А. Салтанаева</i> Инструменты разработки информационных систем в НКО.....	<i>A.N. Kolomiets, E.A. Saltanaeva</i> Tools for developing information systems in NPOs	55	55
<i>С.С. Лепешкин, А.И. Хабибрахманова</i> Разработка информационной системы для	<i>S.S. Lepeshkin, A.I. Khabibrakhmanova</i> Development of an information system for automating accounting processes i n a furniture fittings store.....	59	59
	<i>R.I. Gaifutdinov, E.A. Saltanaeva</i> Development of an intelligent client churn		

автоматизации учётных процессов в магазине мебельной фурнитуры.....	59	predicting system in an insurance c ompany using machine learning.....	65
Р.И. Гайфутдинов, Е.А. Салтанаева Разработка интеллектуальной системы прогнозирования оттока клиентов в страховой компании с применением машинного обучения.....	65	Е.А. Khasanshina, S.M. Kutsenko Automation of training processes management and customer service in a fitness club based on a web platform	72
Э.А. Хасанишина, С.М. Куценко Автоматизация управления тренировочным процессом и клиентским сервисом в фитнес клубе на основе веб-платформы	72	N.N. Fayzrakhmanova, E.A. Saltanaeva Implementation of software mechanisms and analytical potential of the information system for calculating the ecological footprint on the 1C: Enterprise platform.....	76
Н.Н. Файзрахманова, Е.А. Салтанаева Реализация программных механизмов и аналитический потенциал ИС для расчета экологического следа на платформе 1C: Предприятие.....	75	R.I. Yusupova, R.C. Zaripova Strategy and practices for the transition from imported MES systems to Russian platforms.....	81
Р.И. Юсупова, Р.С. Зарипова Стратегия и практика перехода с импортных MES-систем на российские платформы	80	S.R. Gaifullin, E.A. Saltanaeva Development of a web-based information and analytical system for optimizing warehouse inventory	85
С.Р. Гайфуллин, Е.А. Салтанаева Разработка веб-ориентированной информационно- аналитической системы для оптимизации складских запасов.....	85	A.R. Khazipova, S.M. Kutsenko Team task management automation system with task tracker and messenger integration	92
А.Р. Хазипова, С.М. Куценко Разработка системы автоматизации управления задачами в команде с интеграцией таск-трекера и мессенджера	92		

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИНОЕ ОБУЧЕНИЕ

А.Г. Юрьев, Л.А. Коробова Разработка модулей для системы управления умным домом на базе микроконтроллера ESP8266	96	A.G. Yuryev, L.A. Korobova Development of modules for a control system smart home based on the ESP8266 microcontroller	96
Т.В. Азарнова, А.В. Долгова Разработка рекомендательной системы для покупки акций.....	103	T.V. Azarnova, A.V. Dolgova Developing a recommendation system for buying shares.....	103
А.Л. Хакимова, Е.А. Салтанаева Внедрение нейросетевых технологий в практику медицинской диагностики	108	A.L. Khakimova, E.A. Saltanaeva Implementation of neural network technologies in medical diagnostics practice	108
Т.Р. Измайлов Возможности и риски использования интеллектуальных чат-ботов в государственных социальных службах	114	T.R. Izmailov Opportunities and risks of using intelligent chatbots in government social services	114
А.Р. Гимаева Интеллектуальные технологии автоматизации деятельности руководителей в системе организационного управления	118	A. R. Gimaeva Intelligent technologies for automating the activities of managers in the organizational management system	118

Н.В. Макаров, Е.А. Салтанаева Проблемы кибербезопасности в интернете вещей: классификация угроз и подходы к их минимизации.....	123	N.V. Makarov, E.A. Saltanaeva Cybersecurity problems in the internet of things: classification of threats and approaches to their minimization	123
А.Р. Шаймарданова, С.М. Куценко Веб-сервис для формирования индивидуальных рационов питания на основе оптимизации алгоритмов и искусственного интеллекта.....	127	A.R. Shaimardanova, S.M. Kutsenko Web service for the formation on individual diets based on optimization algorithms and artificial intelligence	127
Р.Р. Садыков, С.М. Куценко Распознавание лиц: техническое описание и сравнительный анализ алгоритмов	131	R.R. Sadykov, S.M. Kutsenko Face recognition: technical description and comparative analysis of algorithms.....	131

АЛГОРИТМЫ, ПРОГРАММЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

Д.Г. Сокол, Э. Р. Володин Моделирование картографических изображений..	134	D.G. Sokol, E.R. Volodin Modeling of cartographic images.....	134
В.Е. Киселева, Т.В. Волобуева Разработка игрового мобильного приложения «Крестики нолики».....	140	V.E. Kiseleva, T.V. Volobueva Development of the «Tic Tac Toe» mobile game application	140
Е.Р. Никитина, Т.В. Волобуева Разработка игрового мобильного приложения «Ракета».....	144	E.R. Nikitina, T.V. Volobueva Development of the mobile gaming application «Rocket».....	145
Р.А. Курганников, Т.В. Волобуева Разработка мобильного приложения для android устройства	149	R.A. Kurgannikov, T.V. Volobueva Developing a mobile application for an Android device	149
А.Р. Шафигуллина, С.М. Куценко Применение веб-технологий в создании обучающих систем для детей	156	A.R. Shafigullina, S.M. Kutsenko Application of web technologies in the d development of educational systems for children	157
А.А. Соловьева, Е.А. Салтанаева Разработка мобильного приложения для визуализации и анализа демографических показателей Республики Татарстан	160	A.A. Soloveva, E.A. Saltanaeva Development of a mobile application for visualization and analysis of demographic indicators in the Republic of Tatarstan	160
Д.М. Рафикова, Е.А. Салтанаева Разработка платформы для оценивания стоимости недвижимости с использованием интеллектуального анализа данных	164	D.M. Rafikova, E.A. Saltanaeva Developing a platform for estimated real estate value using data mining.....	164
А.П. Башкирова, Р.М. Хамитов Разработка прототипа информационной системы поддержки маркетинговых решений для интернет-магазина одежды на основе анализа потребительского поведения	169	A.P. Bashkirova, R.M. Khamitov Development of a prototype of an information system to support marketing decisions for an online clothing store based on consumer behavior analysis	169
И.Р. Асадуллин, Е.А. Салтанаева Разработка алгоритма выявления паттернов поведения пассажиров и системы формирования персональных предложений на основе анализа транзакционных данных авиакомпании ...	172	I.R. Asadullin I, E.A. Saltanaeva Development of an algorithm and a prototype system or generating personalized offers based on the analysis of airline transaction data.....	173

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.65

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СНАРЯДА НА ОСНОВЕ НЕОБРАБОТАННЫХ ЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ И С ИХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ

Е.А. Шипилова¹, Д.В. Игнатов¹, М.С. Снимщиков¹

¹ *Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Аннотация: рассматривается аппроксимация локационных данных полиномиальной зависимостью второго порядка с предварительной фильтрацией измерений с помощью функции, реализующей фильтр Калмана и без предварительной обработки данных. Анализируются полученные результаты с точки зрения адекватности моделей, вероятности поражения объекта, среднеквадратичного отклонения и математического ожидания промаха.

Ключевые слова: траектория движения снаряда, фильтр Калмана, аппроксимация, полиномиальная зависимость, метод наименьших квадратов.

MATHEMATICAL MODELING AND ANALYSIS OF THE TRAJECTORY OF THE PROJECTILE BASED ON RAW LOCATION DATA AND WITH THEIR PRELIMINARY FILTRATION

E.A. Shipilova¹, D.V. Ignatov¹, M.S. Snimshchikov¹

¹ *Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

Abstract: approximation of location data by polynomial dependence of the second order is considered with preliminary filtration of measurements with the help of function that implements Kalman filter and without preliminary data processing. Obtained results are analyzed in terms of adequacy of models, probability of object damage, standard deviation and mathematical expectation of miss.

Keywords: projectile trajectory, Kalman filter, approximation, polynomial dependence, least squares.

В работах [1, 2] было описано получение базы значений локационных данных перемещения боеприпаса с учетом погрешности измерений, сгенерированных путем наложения случайных составляющих с различными характеристиками, на идеальные траектории. В результате набор данных сохранил информацию о координатах перемещения снарядов с дальностью полета 200 м, 250 м и 300 м. Для каждого рассматриваемого диапазона были сгенерированы по 10

наборов с наложением случайных составляющих с нормальным распределением, математическим ожиданием равным нулю и среднеквадратическим отклонением равным 0,1 м, 0,3 м и 0,5 м. То есть база данных содержала около 100 записей.

Чтобы смоделировать реальный процесс обработки локационных данных из всего набора выбиралось ограниченное число точек замера: 14, 26 и 38. Также, для проведения всестороннего анализа, эти

точки выбирались из набора данных на различных участках траектории движения. Наиболее значимым был выбран участок траектории (0,5–0,8) L, который позволяет однозначно определить характер и направление движения снаряда, а также дает необходимое время для расчета и принятия решения о разворачивании соответствующих мероприятий по предотвращению поражения объекта, или сведению ожидаемых потерь к минимально возможным значениям.

По полученным зашумленным

данным необходимо предсказать траекторию движения боеприпаса. Нами рассматривался способ непосредственной аппроксимации полиномиальной зависимостью методом наименьших квадратов и аппроксимация с предварительной фильтрацией исходных данных с помощью фильтра Калмана. Схематически структуру исследования можно представить следующим образом (рис. 1).

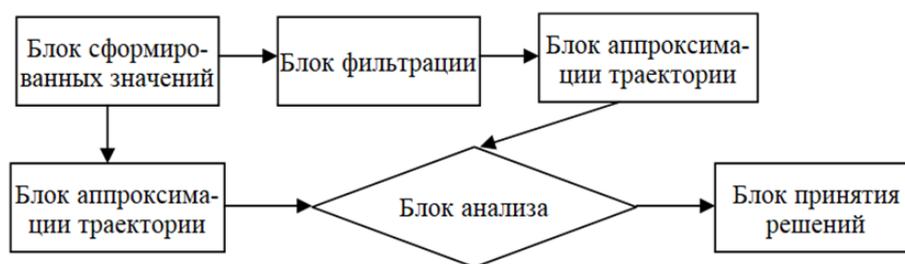


Рис. 1. Структурная схема исследования

Блок фильтрации реализовывал метод Калмана, позволяющий оценить истинное состояние системы, используя неполные или зашумленные данные с датчиков, объединяя прогноз модели движения с фактическими измерениями для получения более точной и непрерывной оценки [2]. На основании представленной модели [2] была разработана функция MathCad, реализующая фильтр Калмана.

В результате обработки различных

наборов исходных локационных данных с помощью функции фильтра Калмана были получены таблицы с отфильтрованными значениями, отдельные результаты применения функции приведены на рис. 2. На рис. 2 сплошной линией представлена исходная идеальная модель, точками – зашумленные значения, имитирующие измерения датчиков, штриховая линия показывает результат, полученный после применения функции, реализующей фильтр Калмана.

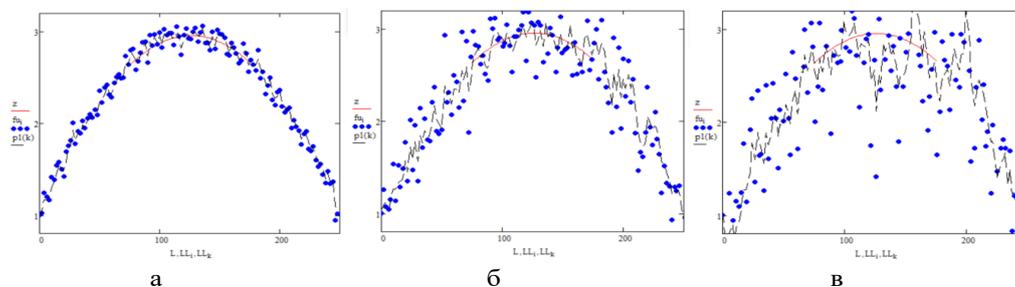


Рис. 2. Результаты реализации функции фильтра Калмана:

а – $\sigma_{ш} = 0,1$; б – $\sigma_{ш} = 0,3$; в - $\sigma_{ш} = 0,5$.

Для анализа полученных результатов необходимо аппроксимировать полиномиальную зависимость и сравнить с исходной траекторией полета снаряда. Для получения зависимостей $z(L)$ по зашумленным и отфильтрованным данным проводилась аппроксимация табличных значений методом наименьших квадратов полиномом второго порядка (1).

$$z(L) = aL^2 + bL + c, \quad (1)$$

откуда значения коэффициентов a , b и c можно определить, решая систему линейных алгебраических уравнений. Для реализации решения использовали возможности математического пакета Mathcad. Результаты представлены на рис. 3 для различных значений L и количества точек n .

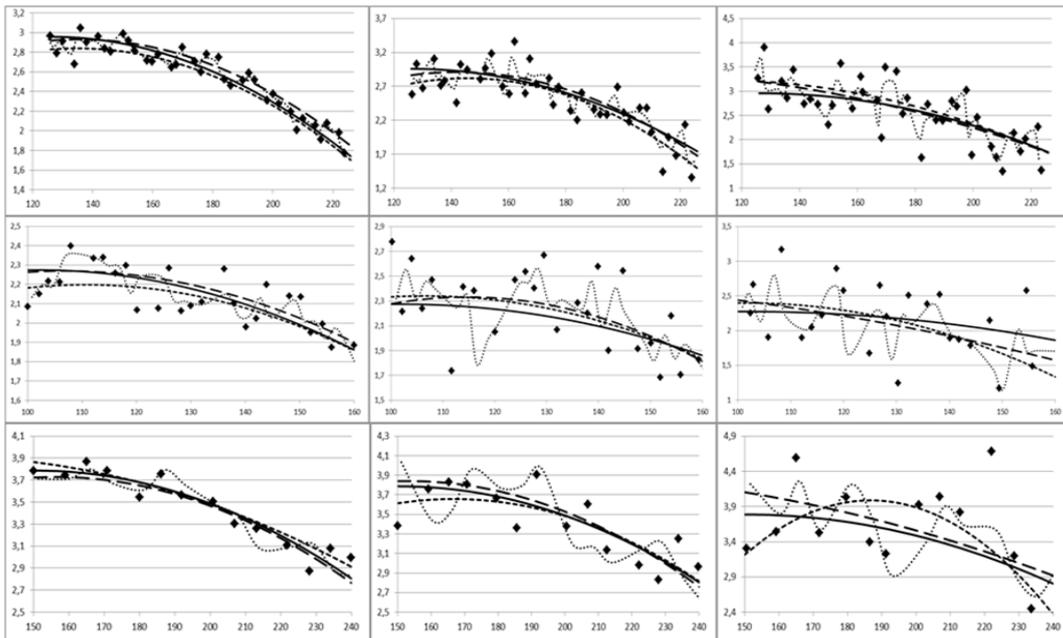


Рис. 3. Результаты аппроксимации локационных данных:

1 – $L = 250$ м, $n = 38$; 2 – $L = 200$ м, $n = 26$; 3 – $L = 300$ м, $n = 14$;

— — идеальная модель; $\blacklozenge \blacklozenge$ — зашумленные данные; \cdots — отфильтрованные данные;
 - - - модель, построенная на зашумленных данных; — — — модель, построенная на отфильтрованных данных.

Одновременно проводились расчеты вероятности поражения объекта (за объект принималась точка поражения идеальной траектории), среднеквадратичное отклонение промаха, математическое ожидание промаха, также оценивалось число неадекватных моделей в зависимости от количества обрабатываемых точек. Результаты данных исследований приведены на рис. 4.

Анализируя полученные результаты,

можно сделать вывод, что при небольших значениях среднеквадратичного отклонения накладываемых шумов, в предварительной фильтрации данных необходимости не возникает, при возрастании значений среднеквадратичного отклонения накладываемых шумов предварительная фильтрация сигнала вносит существенное влияние на конечные результаты моделирования. Откуда можно сделать

вывод о целесообразности применения фильтра Калмана для предварительной фильтрации зашумленных данных при значениях среднеквадратичного отклонения шума больше 0,1.

Также существенное значение имеет количество анализируемых точек, с увеличением их количества, качество моделей, а

также их адекватность возрастает.

Проведенное исследование подтвердило высокую степень актуальности и надежности методов фильтрации в задачах обработки измерений и продемонстрировало эффективность применения математического моделирования в навигационных системах.

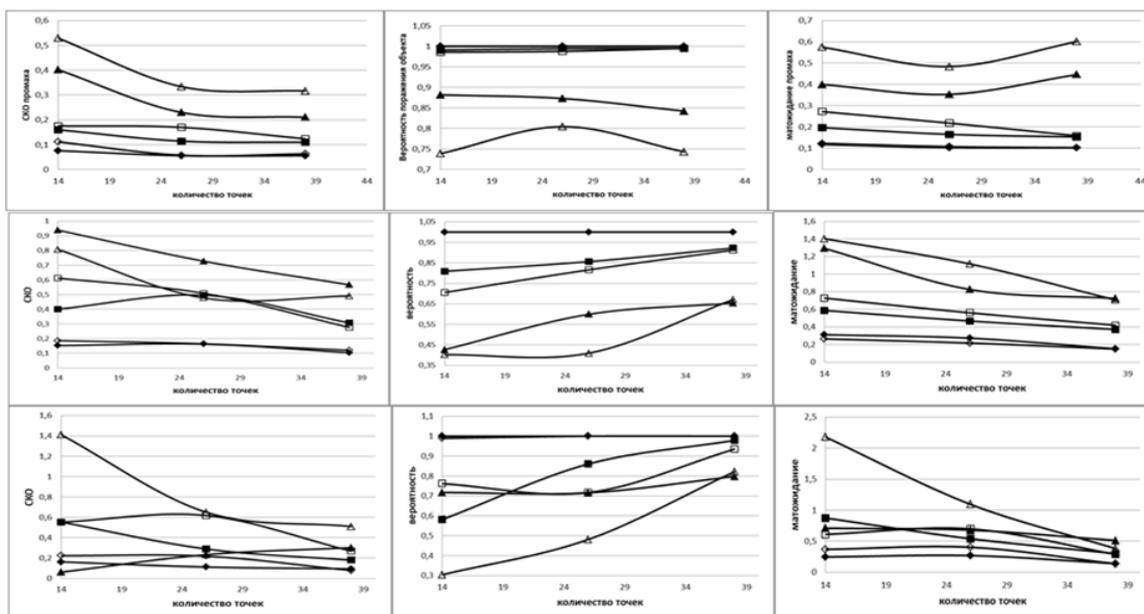


Рис. 4. Рис. Средние характеристики аппроксимированных данных:

1 – $L = 250$ м; 2 – $L = 200$ м; 3 – $L = 300$ м; закрашенные маркеры – модели, построенные на отфильтрованных данных; маркеры без заливки – модели, построенные на зашумленных данных; ромб – $\sigma_{ш} = 0,1$ м; квадрат – $\sigma_{ш} = 0,3$ м; треугольник – $\sigma_{ш} = 0,5$ м.

Библиографический список

1. Шипилова Е.А. Моделирование процесса получения данных траектории движения атакующего боеприпаса с учетом погрешностей измерений / Е.А. Шипилова, М.С. Снимщиков, Д.В. Игнатов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах: Научно-технический журнал – 2025 – №1-2(35-36). С. 14–17.

2. Снимщиков М.С. Моделирование траектории движения атакующего

боеприпаса с применением фильтра Калмана / М.С. Снимщиков, Е.А. Шипилова // Сборник статей VI международной студенческой конференции «Современные технологии обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте» (Воронеж, 7 октября 2025г.) – Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2025. – 351 с. с. 305–307.

3. Лемешко О.В. Фильтр Калмана. Теоретические основы и практическое применение // Вестник магистратуры. – 2014. – №6-1 (33).

Информация об авторах

Шпилова Елена Алексеевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры 206 математики, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а), e-mail: elen_ship@list.ru

Игнатов Дмитрий Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры 55 Автоматизированных систем управления (и информационной безопасности), Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а), e-mail: gato.blanco75@gmail.com

Снимщиков Матвей Сергеевич – курсант 2-го курса, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а), e-mail: vaiu@mil.ru

Information about the author

Elena A. Shipilova, Ph.D. in Engineering, associate professor, associate professor 206 department of mathematics, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) (394064, Russia, Voronezh, Staryh Bolshevikov street, 54a), e-mail: elen_ship@list.ru

Dmitry V. Ignatov, Ph.D. in Engineering, associate professor 55 department of Automated control systems (and information security), Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) (394064, Russia, Voronezh, Staryh Bolshevikov street, 54a), e-mail: gato.blanco75@gmail.com

Matvej S. Snimshchikov, cadet of 2 course, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) (394064, Russia, Voronezh, Staryh Bolshevikov street, 54a), e-mail: vaiu @mil.ru

УДК 004.942

**ЭФФЕКТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ГАМИЛЬТОНОВА ЦИКЛА
ВО ВЗВЕШЕННЫХ ГРАФАХ**

И.В. Сухан¹, К. В. Цой¹

¹ *Кубанский государственный университет*

Аннотация: В статье приведен систематический обзор классических и современных алгоритмов поиска гамильтонова цикла во взвешенных графах, включая точные методы (полный перебор, алгоритм Беллмана-Хелда-Карпа), эвристический подход (метод ближайшего соседа), метаэвристики (имитация отжига, муравьиные колонии). Представлен сравнительный анализ эффективности методов по различным критериям.

Ключевые слова: теория графов, гамильтонов цикл, эффективность, оптимизация.

**EFFICIENT ALGORITHMS FOR SEARCHING FOR A HAMILTONIAN
CYCLE IN WEIGHTED GRAPHS**

I.V. Sukhan¹, K.V. Tsoi¹

¹ *Kuban State University*

Abstract: The article provides a systematic review of classical and modern algorithms for searching for a Hamiltonian cycle in weighted graphs, including exact methods (full search, Bellman-Held-Karp algorithm), heuristic approach (nearest neighbor method), metaheuristics (simulated annealing, ant colonies). A comparative analysis of the effectiveness of the methods according to various criteria is presented.

Keywords: graph theory, Hamiltonian cycle, efficiency, optimization

Введение. Поиск гамильтонова цикла во взвешенных графах представляет собой одну из ключевых задач теории графов, имеющую как фундаментальное теоретическое значение, так и широкий спектр практических применений. Эта задача

относится к классу NP-полных, что делает её чрезвычайно сложной для решения в общем случае, особенно для графов большой размерности. Однако именно эта сложность стимулирует разработку новых алгоритмических подходов, которые могут быть

применены не только в теории, но и в реальных задачах оптимизации. С развитием технологий обработки больших данных и машинного обучения появляются новые возможности для решения задачи поиска гамильтонова цикла. Например, нейронные сети могут использоваться для предсказания вероятных путей, что позволяет сократить время поиска [1].

Несмотря на значительный прогресс в области алгоритмизации, многие аспекты данной задачи остаются недостаточно изученными. Например, существующие алгоритмы часто требуют адаптации под конкретные условия, такие как ограниченные вычислительные ресурсы или необходимость работы с динамически изменяющимися графами.

Метод полного перебора — это точный алгоритм, гарантирующий нахождение гамильтонова цикла с минимальным суммарным весом рёбер. Однако его применение ограничено графами малой размерности из-за экспоненциальной вычислительной сложности.

Алгоритм последовательно перебирает все возможные перестановки вершин графа, проверяя, образуют ли они гамильтонов цикл, и вычисляет суммарный вес каждого найденного цикла. Цель — выбрать цикл с минимальным весом.

Перечислим основные этапы:

1) генерация всех возможных путей: для графа с n вершинами рассматриваются все $(n - 1)!$ перестановок (так как начальная вершина фиксирована для исключения дубликатов);

2) проверка на существование цикла: для каждой перестановки проверяется, существует ли ребро между последней вершиной пути и начальной;

3) вычисление веса цикла: если цикл существует, суммируются веса всех его рёбер;

4) выбор оптимального решения: сохраняется цикл с наименьшим суммарным весом [2].

Пример работы программы для $n = 12$ приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Найденный полным перебором минимальный гамильтонов цикл для графа порядка 12

Временная сложность метода $O(n!)$, так как перебираются все перестановки вершин, пространственная сложность составляет $O(n)$ — для хранения текущего пути и массива посещённых вершин [3].

К преимуществам алгоритма можно отнести гарантированное нахождение оптимума и простота реализации, а к недостаткам — неприменимость для $n > 12$ ввиду быстрорастущей сложности.

Алгоритм Беллмана-Хелда-Карпа.

В общем случае можно решить задачу, в которой присутствует оптимальная подструктура, проделывая следующие три шага:

- 1) разбиение задачи на подзадачи меньшего размера;
- 2) нахождение оптимального решения подзадач рекурсивно, проделывая такой же трёхшаговый алгоритм;
- 3) использование полученного решения подзадач для конструирования решения исходной задачи.

В данном случае метод позволяет решить задачу за время $O(n^2 \cdot 2^n)$, что эффективнее полного перебора ($O(n!)$).

Состояние задаётся парой (v, S) , где v — текущая вершина, S — множество посещённых вершин (представляется битовой маской). Значение состояния $dp[S][v]$ — минимальная стоимость пути, начинающегося в стартовой вершине, проходящего через все вершины множества S и заканчивающегося в вершине v .

На момент итерации цикла, ответственной за вычисление решения подзадачи $dp[S][v]$, все члены формы $dp[S - \{v\}][k]$ уже вычислены в предыдущей итерации самого внешнего цикла `for`. Эти значения готовы и ждут, чтобы их нашли за постоянное время [4].

Представим основные этапы реализации программы:

1) считываем сгенерированную матрицу весов графа, задаем начальные значения:

- *all_mask* — битовая маска, где все n битов установлены в 1,
- $dp[mask][v]$ — минимальная стоимость пути, который заканчивается в вершине v и посетил все вершины из множества *mask*,
- $parent[mask][v]$ — предыдущая вершина в пути для состояния $(mask, v)$,
- для стартовой вершины задаем значение $dp[\{0\}][0] = 0$,
- для остальных состояний $dp[S][v] = \infty$;

2) заполняем таблицу:

– перебираем подмножества множеств вершин в порядке увеличения их размера (от 1 до n), где каждое множество представлено битовой маской (например, $10101 = \{0,2,4\}$),

– проверяем допустимость вершины: *if not (mask & (1 << u))* — что вершина u принадлежит текущему множеству, *if mask & (1 << v)* — вершина v еще не посещена,

– рассчитываем новое состояние: $new_mask = mask | (1 << v)$ — создаем новое множество с добавленной вершиной v , $new_cost = dp[mask][u] + matrix[u][v]$: стоимость пути до u + вес ребра (u, v) ,

– обновляем таблицу: если найден более короткий путь к состоянию (new_mask, v) , обновляем значение в dp и запоминаем предка;

3) ищем минимальный цикл:

– для каждой вершины v (кроме стартовой) вычисляем полную стоимость цикла: $dp[all][v] + matrix[v][0]$ и выбираем вершину с минимальной суммарной

стоимостью,

– восстановление пути начинаем с конечной вершины *last_node* и полного множества *all_mask*, последовательно переходя к предкам через *parent[][]*, удаляя вершину из маски при каждом шаге: (*current_mask* ^ (1 << *node*)),

– реверсируем полученный путь (т. к. восстанавливали с конца) и добавляем стартовую вершину в конец для замыкания цикла.

Временная сложность алгоритма составляет $O(n^2 \cdot 2^n)$ — для каждого из $O(n \cdot 2^n)$ состояний выполняется $O(n)$ операций, пространственная — $O(n \cdot 2^n)$ — хранение таблицы *dp[S][v]*.

Преимущества данного метода — дает точное решение, эффективнее полного перебора, недостатки — требует много памяти, неприменим для больших графов.

Метод ближайшего соседа — один из простейших эвристических алгоритмов решения задачи коммивояжера. Относится к категории «жадных» алгоритмов.

Вершины обхода графа последовательно включаются в маршрут, причем каждая очередная включаемая вершина должна быть ближайшей к последней выбранной вершине среди всех остальных, ещё не включенных в состав маршрута [5].

Поясним, как работает алгоритм:

- 1) выбираем произвольную вершину i_1 ;
- 2) находим ближайшую вершину к i_1 , обозначаем ее i_2 и помечаем вершину i_1 ;
- 3) на k -м шаге находим ближайшую вершину к i_k , обозначаем ее i_{k+1} и помечаем вершину i_k .

Временная сложность метода ближайшего соседа есть $O(n^2)$, так как на каждом из n шагов выполняется поиск минимума среди $O(n)$ вершин,

пространственная сложность составляет $O(n^2)$ — хранение матрицы весов [6].

Преимущества — быстрая работа даже для графов с $n > 20$, недостатки — не гарантирует оптимальность, зависит от выбора начальной вершины.

Оптимизируем метод. Обычный алгоритм ближайшего соседа имеет два ключевых недостатка: зависимость от стартовой вершины, из-за чего результат может сильно меняться в зависимости от выбора начальной точки, риск попасть в локальный минимум. Чтобы улучшить метод можно использовать мультистарт с различных вершин. Мультистарт — обобщенный подход оптимизации, заключается в запуске стандартного локального алгоритма из множества точек [7].

Преимущество оптимизации заключается в том, что устраняется зависимость от выбора начальной вершины и повышается вероятность нахождения более короткого цикла, но недостаток в том, что увеличивается время работы в $O(n)$ раз, где n — число вершин.

Имитация отжига. Метод основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества, в том числе при отжиге металлов — нагревом материала с последующим медленным и контролируемым охлаждением. Такой подход позволяет получить устойчивую кристаллическую структуру, в отличие от неупорядоченной структуры, возникающей при быстром охлаждении.

В контексте оптимизации «структура» соответствует решению, а «температура» определяет вероятность принятия новых решений на разных этапах процесса. Этот механизм помогает алгоритму избегать застревания в локальных оптимумах, постепенно приближаясь к глобальному

решению [8].

Представим основные этапы:

1) инициализация:

– выбор начального решения (случайный гамильтонов цикл),

– установка начальной температуры T_0 и скорости охлаждения α ;

2) итерационный процесс:

– на каждом шаге генерируется соседнее решение (одной из 3 операций — перестановка двух вершин, инверсия порядка вершин между двумя случайными вершинами, перемещение случайной вершины на новую позицию),

– если новое решение лучше ($\Delta E < 0$), оно принимается, если хуже, оно может быть принято с вероятностью $P = e^{-\Delta E/TP}$, где ΔE — разница длин циклов,

– температура постепенно снижается по закону $T_{k+1} = \alpha \cdot T_k$;

3) критерии останова:

– температура опустилась ниже T_{min} ,

– достигнуто максимальное число итераций.

Временная сложность алгоритма $O(k \cdot n^2)$, где k — число итераций, n — число вершин. На каждой итерации происходит генерация соседа $O(n)$, расчёт длины пути $O(n)$. Пространственная сложность есть $O(n^2)$ (хранение матрицы расстояний) [9].

Преимущества — избегает локальных минимумов за счёт вероятностного принятия решений, применим для больших графов ($n > 100$), недостатки метода — не гарантирует нахождение глобального оптимума, а также требует тщательного подбора параметров (T_0, α).

Муравьиный алгоритм — это метаэвристический метод оптимизации, вдохновленный поведением муравьев, ищущих

путь к пище. Он работает за полиномиальное время.

В основе алгоритма лежит поведение муравьиной колонии — маркировка более удачных путей большим количеством феромона. Работа начинается с размещения муравьев в вершинах графа, затем начинается движение муравьев — направление определяется вероятностным методом.

Определим основные этапы:

1) моделирование поведения муравьев:

– муравьи начинают движение из случайных точек графа (городов),

– выбор следующей вершины зависит от уровня феромонов на ребре (чем выше, тем привлекательнее), эвристической информации (например, обратной длины ребра);

2) вероятностная формула выбора пути:

$$P_{ij} = ((\tau_{ij})^\alpha \cdot (\eta_{ij})^\beta) / (\sum (\tau_{ik})^\alpha \cdot (\eta_{ik})^\beta),$$

где τ_{ij} — концентрация феромонов на ребре $i \rightarrow j$, η_{ij} — эвристическая информация (например, $1/\text{длина}_{ij}$), α, β — параметры, регулирующие влияние феромонов и эвристики;

3) динамика феромонов:

– усиление удачных путей:

– муравьи, нашедшие короткий маршрут, оставляют больше феромонов: $\Delta\tau_{ij} = Q/L_k$, где L_k — длина пути, Q — константа,

– испарение феромонов:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij},$$

где ρ — коэффициент испарения;

4) положительная обратная связь: короткие пути получают больше феромонов → становятся привлекательнее для следующих муравьев → система «автоматически»

находит оптимальный маршрут [10].

Испарение предотвращает застревание в локальных оптимумах, а также снижает привлекательность длинных/неэффективных путей.

Вычислительная сложность метода составляет $O(T \cdot m \cdot n^2)$ где T — число итераций, m — число муравьев, n — узлов, пространственная есть $O(n^2)$ — для хранения матрицы феромонов.

Преимущества — баланс исследования и эксплуатации ($\alpha > \beta$: усиливается роль феромонов (эксплуатация известных путей), $\beta > \alpha$: доминирует эвристика (исследование новых вариантов)), муравьи могут работать параллельно, недостатки —

неправильный выбор α, β, ρ может ухудшить результаты.

Анализ эффективности алгоритмов. Эксперимент проводился на сгенерированных взвешенных графах порядка $n \in \{5, 10, 12, 15, 17, 19, 20\}$. Для каждого размера графы были рассмотрены с весами рёбер, заданными случайными симметричными матрицами смежности. Веса рёбер генерировались в диапазоне от 1 до 20. Оценивались время работы программы, отклонение результата от точного решения и затраты памяти. Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблицах 1–6.

Таблица 1 Результат работы метода полного перебора на графах

Полный перебор			
n	5	10	12
t (с)	0, 0002	0, 2347	25, 4012
Δ	0	0	0
m (КБ)	978,58	1654,43	2035,78

Таблица 2 Результат работы алгоритма Беллмана-Хелда-Карпа на графах

Алгоритм Беллмана-Хелда-Карпа							
n	5	10	12	15	17	19	20
t (с)	0,0004	0,0425	0,1417	1,3777	6,9948	34,5282	75,0939
Δ	0	0	0	0	0	0	0
m (КБ)	7,93	366,93	1640,08	15261,16	66739,10	289732,34	600180,84

Таблица 3 Результат работы метода ближайшего соседа на графах

Метод ближайшего соседа							
n	5	10	12	15	17	19	20
t (с)	0,00002	0,00003	0,00004	0,00004	0,00006	0,00007	0,00008
Δ	0	13	4	17	7	23	12
m (КБ)	14,3096	15,5977	15,9590	16,5068	17,9961	18,4854	18,7334

Таблица 4 Результат работы улучшенного метода ближайшего соседа на графах

Улучшенный метод ближайшего соседа							
n	5	10	12	15	17	19	20
t (с)	0,0001	0,0002	0,0003	0,0039	0,0005	0,0008	0,0011
Δ	0	6	4	7	4	7	7
m (КБ)	14,3096	15,5977	15,9590	16,5068	17,9961	18,4854	18,7334

Таблица 5 Результат работы метода имитации отжига на графах

Имитация отжига							
n	5	10	12	15	17	19	20
t (с)	0,0281	0,0366	0,0398	0,0441	0,04794	0,0510	0,5413
Δ	0	2	4	11	19	24	29
m (КБ)	0,0548	0,0539	0,0527	0,0531	0,0533	0,0530	0,0529

Таблица 6 Результат работы метода муравьиных колоний на графах

Муравьиные колонии							
n	5	10	12	15	17	19	20
t (с)	0,1227	0,3743	0,5050	0,7290	0,8929	1,1014	1,1846
Δ	0	0	0	0	0	0	0
m (КБ)	0,0096	0,0150	0,0166	0,0197	0,0241	0,0279	0,0292

Метод полного перебора находит точное решение (абсолютная погрешность 0), но производительность данного метода и затраты на память растут экспоненциально, однако на графах с малой размерностью ($n \leq 5$) перебор работает быстрее, чем точный метод, рассмотренный ниже.

По табличным данным можем удостовериться, что метод Беллмана-Хелда-Карпа на графах также дает точное решение, производительность растет медленнее, чем у полного перебора, но затраты на память растут быстрее, преимущество по времени работы появляется уже для графов с 10 вершинами.

Метод ближайшего соседа работает быстро и не имеет больших затрат памяти, но не дает точные результаты, впрочем, для малых графов ($n \leq 5$) есть высокая вероятность данным методом найти минимальный цикл.

Улучшенный метод ближайшего соседа получает более оптимальные циклы, но время выполнения растет быстрее, чем в обычном методе ближайшего соседа, затраты памяти не меняются.

Метод имитации отжига имеет наименьшие затраты по памяти, в отличие от других алгоритмов и достаточно медленный рост времени работы, но с ростом количества вершин растет и абсолютная погрешность алгоритма.

Метод муравьиных колоний на небольших графах ($n \leq 20$) показывает высокую точность, имеет небольшие затраты по памяти и средние показатели по времени работы, в отличие от остальных методов.

Заключение. Таким образом, каждый из методов продемонстрировал уникальные характеристики, преимущества и ограничения, что позволяет определить их оптимальные области применения. Результат

сравнительного анализа методов показал, что метод полного перебора гарантирует нахождение точного решения, но применим только для малых графов ($n \leq 12$). Алгоритм Беллмана-Хелда-Карпа эффективен для графов среднего размера ($n \leq 20$), однако требует значительных ресурсов памяти (> 600 МБ для $n = 20$), что ограничивает его практическое использование. Метод ближайшего соседа обеспечивает быстрое решение, но часто приводит к локально оптимальным результатам. С помощью оптимизации можно добиться уменьшения абсолютной погрешности, данный метод целесообразно применять для задач с $n > 50$, где допустима погрешность. Имитация отжига демонстрирует баланс между скоростью и точностью, подходит для графов среднего и большого размера. Метод муравьиных колоний показывает высокую точность, но требует больше времени, чем имитация отжига.

Полученные результаты имеют практическое значение для задач маршрутизации, анализа сетевых структур. Разработанные программы могут быть использованы как основа для создания более сложных систем оптимизации маршрутов.

Библиографический список

1. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ: учебник / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2011. – 1296 с.
2. Гэри, М. Вычислительные машины и

труднорешаемые задачи: монография / М. Гэри, Д. Джонсон; пер. с англ. – М.: Книга по требованию, 2012. – 420 с.

3. Липский, В. Комбинаторика для программистов: учебное пособие / В. Липский. – М.: Мир, 1988. – 200 с..

4. Рафгарден, Т. Совершенный алгоритм. Алгоритмы для NP-трудных задач: учебное пособие / Т. Рафгарден; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2021. – 304 с.

5. Саймон, Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации: учебник / Д. Саймон; пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 1002 с.

6. Окулов, С. М. Программирование в алгоритмах: учебное пособие / С. М. Окулов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 383 с.

7. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – М.: Высш. шк., 2005. – 544 с.

8. Джонс, М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях: учебное пособие / М. Т. Джонс; пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.

9. Пантелеев, А. В. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы: монография / А. В. Пантелеев, Д. В. Метлицкая, Е. А. Алешина. – М.: Вузовская книга, 2013. – 244 с.

10. Солтис, М. Введение в анализ алгоритмов: учебное пособие / М. Солтис; пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 278 с.

Информация об авторах

Сухан Ирина Владимировна – старший преподаватель кафедры вычислительной математики и информатики, Кубанский государственный университет (350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149), e-mail: irina-sukhan@yandex.ru.

Цой Ксения Викторовна – студент, Кубанский государственный университет (350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149), e-mail: tsoyksen@gmail.com.

Information about the author

Sukhan Irina Vladimirovna – Senior Lecturer at the Department of Computational Mathematics and Informatics, Kuban State University (149 Stavropol Street, Krasnodar, 350040), e-mail: irina-sukhan@yandex.ru.

Tsoi Ksenia Viktorovna – student, Kuban State University (149 Stavropol Street, Krasnodar, 350040), e-mail: tsoyksen@gmail.com.

УДК 517.98

**ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОГРАММНОЙ
РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ****А.В. Смольянинов¹**¹ *Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: В работе обоснована актуальность внедрения систем автоматического управления в производство. Проанализирована структура АСУТП, что позволило обосновать целесообразность разработки методики реализации произвольных алгоритмов управления, представленных в виде передаточных функций. Также рассмотрены способы формирования требуемых управляющих воздействий на выходном валу исполнительного механизма.

Ключевые слова: АСУТП, контур регулирования, исполнительный механизм, передаточная функция, алгоритм управления.

**FUNDAMENTALS OF MATHEMATICAL SUPPORT FOR SOFTWARE
IMPLEMENTATION OF CONTROL ALGORITHMS****A.V. Smolyaninov¹**¹ *Voronezh state technical University*

Abstract: This paper substantiates the relevance of implementing automatic control systems in production. The structure of the automated process control system (ACS TP) is analyzed, which allowed us to justify the feasibility of developing a methodology for implementing arbitrary control algorithms represented as transfer functions. Methods for generating the required control actions on the actuator output shaft are also considered.

Keywords: ACS TP, control loop, actuator, transfer function, control algorithm.

В современном мире под автоматизацией технологических процессов понимается не только использование технических средств и систем управления, направленных на освобождение человека от рутинных процессов. В рамках нового облика промышленности автоматизация выступает в качестве основного средства управления производством, обеспечивающего повышение качества готовой продукции при снижении ее себестоимости за счет исключения человеческого фактора, который оказывает определяющее воздействие на вариативность качества продукции. Кроме того, внедрением в производство автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) обусловлено снижение себестоимости выпускаемой продукции, что достигается за счет

существенного повышения производительности труда, при снижении удельных энергозатрат. Последнее достигается за счет интеграции АСУТП с цифровыми технологиями управления производством, что подразумевает сбор, архивирование и анализ данных, на основе которого удастся выявлять скрытые закономерности, что в свою очередь позволяет оптимизировать производственные/технологические процессы на основе data-driven подходов, и обеспечить полную прослеживаемость каждой единицы продукции. АСУТП находится на нижнем уровне управления производством, обеспечивая как сбор первичных данных о процессе производства, так и реализацию принятых управленческих решений. Именно поэтому от правильности ее функционирования зависит правильность

принимаемых решений и их реализуемость. Структурная схема АСУТП, приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема АСУТП

Как видно из рис. 1, в АСУТП выделяют три уровня:

– уровень датчиков и исполнительных механизмов, функционал которого заключается в измерении и первичной обработке текущей информации о характере протекания технологического процесса, а также в технической реализации управляющих воздействий;

– уровень программируемых логических контроллеров (ПЛК), в задачу

которого входит сбор и передача информации на уровень SCADA, а также формирование управляющих воздействий на исполнительные устройства в соответствии с задающими сигналами, поступающими с уровня SCADA;

– уровень SCADA, предназначен для сбора, архивирования (при необходимости) и передачи информации на уровень MES, визуализации технологического процесса, позволяющей оператору следить за его протеканием, а также формирования задающих воздействий для контуров автоматического управления.

В соответствии с вышеизложенным одной из основных задач, решаемых на уровне ПЛК, является управление/стабилизация технологических параметров, которое, как правило осуществляется системами автоматического регулирования (САР), работающими по принципу отклонения. Структурная схема такой САР приведена на рис. 2.

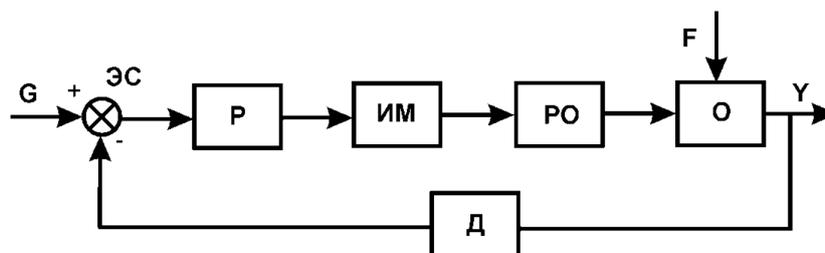


Рис. 2. Структурная схема САР, работающей по принципу отклонения

На рис. 2 обозначено: G – задающее воздействие, Y – регулируемая координата (технологический параметр), F – возмущающее воздействие, ЭС – элемент сравнения, Р – регулятор, ИМ – исполнительный механизм, РО – регулирующий орган, О – объект, Д - датчик.

При синтезе алгоритмов управления, структурная схема (рис. 2), приводится к виду (рис. 3), где $W_p(s)$ – передаточная

функция регулятора, включающая в себя непосредственно сам регулятор и исполнительный механизм; $W_{об}(s)$ – передаточная функция объекта управления, объединяющая непосредственно сам объект, регулирующий орган и датчик.

В качестве регулятора могут быть использованы типовые законы регулирования, к числу которых относятся

пропорциональный $W_p(s) = K$, пропорционально-интегральный $W_p(s) = K + \frac{I}{T_u s}$ и пропорционально-интегрально-дифференциальный $W_p(s) = K + \frac{I}{T_u s} + \frac{T_d s}{\tau s + 1}$, требующие параметрической настройки. Однако нередко случаи, когда для достижения требуемых показателей качества требуется синтез специальных алгоритмов управления. Следует отметить, что в настоящее время разработано достаточно много методов синтеза алгоритмов управления, однако их результатом, как правило, является аналоговый закон регулирования. Вместе с тем, в соответствии со структурной схемой, приведённой на рис. 2, этот сигнал должен быть реализован на выходе исполнительного механизма, т.е. необходимо обеспечить поворот выходного вала ИМ в соответствии с синтезированным законом.

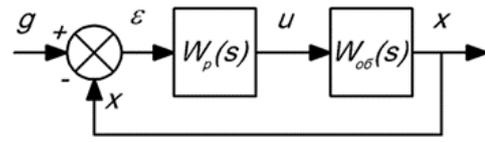


Рис. 3. Расчетная структурная схема САР

Пусть в результате синтеза был получен закон регулирования, представленный передаточной функцией

$$W_p(s) = \frac{P^k(s)}{s^n L^m(s)} = \frac{\varphi_0(s)}{\varepsilon_0(s)}, \quad (1)$$

где $P^k(s) = p_k s^k + p_{k-1} s^{k-1} + \dots + p_1 s + p_0$ и $L^m(s) = l_m s^m + l_{m-1} s^{m-1} + \dots + l_1 s + l_0$ полиномы степеней k и m соответственно, причем $n + m > k$; $\varepsilon(s)$ и $\varphi(s)$ изображения сигнала рассогласования и угла поворота выходного вала исполнительного механизма.

Перейдем от передаточной функции (1) к дифференциальному уравнению, для чего в (1) осуществим подстановку $s \rightarrow \frac{d}{dt}$.

$$l_m \frac{d^{n+m} \varphi_0}{dt^{n+m}} + l_{m-1} \frac{d^{n+m-1} \varphi_0}{dt^{n+m-1}} + \dots + l_1 \frac{d^{n-1} \varphi_0}{dt^{n-1}} + l_0 \frac{d^n \varphi_0}{dt^n} = p_k \frac{d^k \varepsilon_0}{dt^k} + p_{k-1} \frac{d^{k-1} \varepsilon_0}{dt^{k-1}} + \dots + p_0 \varepsilon_0. \quad (2)$$

Рассмотрим правую часть уравнения (2)

$$p_k \frac{d^k \varepsilon_0}{dt^k} + p_{k-1} \frac{d^{k-1} \varepsilon_0}{dt^{k-1}} + \dots + p_0 \varepsilon_0 \quad (3)$$

Для определения сигнала рассогласования введем следующие обозначения

$$\begin{aligned} \frac{d \varepsilon_0}{dt} &= \varepsilon_1 \\ \frac{d \varepsilon_1}{dt} &= \varepsilon_2, \\ &\dots \\ \frac{d \varepsilon_{k-1}}{dt} &= \varepsilon_k \end{aligned} \quad (4)$$

и переходя к конечным разностям

перепишем (4) в виде

$$\begin{aligned} \varepsilon_1^{i+1} &= \frac{\Delta \varepsilon_0}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_0^{i+1} - \varepsilon_0^i}{\Delta t} \\ \varepsilon_2^{i+1} &= \frac{\Delta \varepsilon_1}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_1^{i+1} - \varepsilon_1^i}{\Delta t} \\ &\dots \\ \varepsilon_k^{i+1} &= \frac{\Delta \varepsilon_{k-1}}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_{k-1}^{i+1} - \varepsilon_{k-1}^i}{\Delta t} \end{aligned} \quad (5)$$

Учитывая (4) и (5), представим (3) в виде

$$\varepsilon^{i+1} = p_k \varepsilon_k^{i+1} + p_{k-1} \varepsilon_{k-1}^{i+1} + \dots + p_0 \varepsilon_0^{i+1} \quad (6)$$

Далее рассмотрим левую часть уравнения (2)

$$l_m \frac{d^{n+m} \varphi_0}{dt^{n+m}} + l_{m-1} \frac{d^{n+m-1} \varphi_0}{dt^{n+m-1}} + \dots + l_1 \frac{d^{n-1} \varphi_0}{dt^{n-1}} + l_0 \frac{d^n \varphi_0}{dt^n} \quad (7)$$

Перепишем (7) в виде

$$l_m \frac{d^{n+m} \varphi_0}{dt^{n+m}} + l_{m-1} \frac{d^{n+m-1} \varphi_0}{dt^{n+m-1}} + \dots + l_1 \frac{d^{n-1} \varphi_0}{dt^{n-1}} + l_0 \frac{d^n \varphi_0}{dt^n} + 0 \cdot \frac{d^{n-1} \varphi_0}{dt^{n-1}} + 0 \cdot \frac{d^{n-2} \varphi_0}{dt^{n-2}} + \dots + 0 \cdot \frac{d \varphi_0}{dt} + 0 \cdot \varphi_0 \quad (8)$$

Введя обозначения

$$\begin{aligned} \frac{d \varphi_0}{dt} &= \varphi_1; \quad \frac{d \varphi_1}{dt} = \varphi_2; \\ &\dots \\ \frac{d \varphi_{n-1}}{dt} &= \varphi_n \\ &\dots \\ \frac{d \varphi_{n+m-2}}{dt} &= \varphi_{n+m-1} \end{aligned} \quad (9)$$

перепишем (8) в виде

$$l_m \frac{d \varphi_{n+m-1}}{dt} + l_{m-1} \varphi_{n+m-1} + \dots + l_1 \varphi_{n-1} + l_0 \varphi_n + 0 \cdot \varphi_{n-1} + 0 \cdot \varphi_{n-2} + \dots + 0 \cdot \varphi_1 + 0 \cdot \varphi_0 \quad (10)$$

Записав (9) в виде конечных разностей, получим

$$\begin{aligned} \varphi_0^{i+1} &= \varphi_0^i + \varphi_1^{i+1} \Delta t \\ \varphi_1^{i+1} &= \varphi_1^i + \varphi_2^{i+1} \Delta t \\ &\dots \\ \varphi_{n-1}^{i+1} &= \varphi_{n-1}^i + \varphi_n^{i+1} \Delta t \\ &\dots \\ \varphi_{n+m-2}^{i+1} &= \varphi_{n+m-2}^i + \varphi_{n+m-1}^{i+1} \Delta t \end{aligned} \quad (1)$$

Представив (2) в конечных разностях

учитывая (6) и (10), определим значение φ_{n+m-1}^{i+1}

$$l_m \frac{\Delta \varphi_{n+m-1}^{i+1}}{\Delta t} + l_{m-1} \varphi_{n+m-1}^{i+1} + \dots + l_1 \varphi_{n-1}^{i+1} + l_0 \varphi_n^{i+1} = \varepsilon^{i+1} \quad (12)$$

$$\Delta \varphi_{n+m-1}^{i+1} = \frac{\varepsilon^{i+1} - \left(l_{m-1} \varphi_{n+m-1}^{i+1} + \dots + l_1 \varphi_{n-1}^{i+1} + l_0 \varphi_n^{i+1} \right)}{l_m} \Delta t$$

$$\varphi_{n+m-1}^{i+1} = \varphi_{n+m-1}^i + \Delta \varphi_{n+m-1}^{i+1}$$

Полученные выражения позволяют рассчитать приращение угла поворота выходного вала исполнительного механизма $\Delta \varphi_0^{i+1} = \varphi_1^{i+1} \Delta t$ на $i+1$ шаге, либо требуемый угол поворота $\varphi_0^{i+1} = \varphi_0^i + \varphi_1^{i+1} \Delta t$ в момент времени $t = \Delta t (i+1)$.

Далее рассмотрим несколько возможных схем управления исполнительным механизмом. Одна из самых простых реализаций заключается в использовании датчика обратной связи по положению вала ИМ (рис. 4)

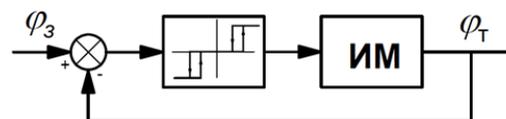


Рис. 4. Структурная схема управления ИМ

Реакция такой системы на синусоидальное входное воздействие приведена на рис. 5. Анализ полученных зависимостей показывает, что на выходе ИМ получить идеальное соответствие выходного сигнала входному возможно лишь в скользящих режимах, чего можно добиться уменьшением зоны нечувствительности релейного элемента. Однако такое решение приводит к высокой частоте включения/выключения ИМ, что неизбежно приведет к поломке последнего. Таким образом, при настройке

рассматриваемой системы управления подбором зоны нечувствительности и скорости перемещения вала ИМ необходимо добиться оптимального баланса между

точностью воспроизведения задающего воздействия и частотой включения исполнительного механизма.

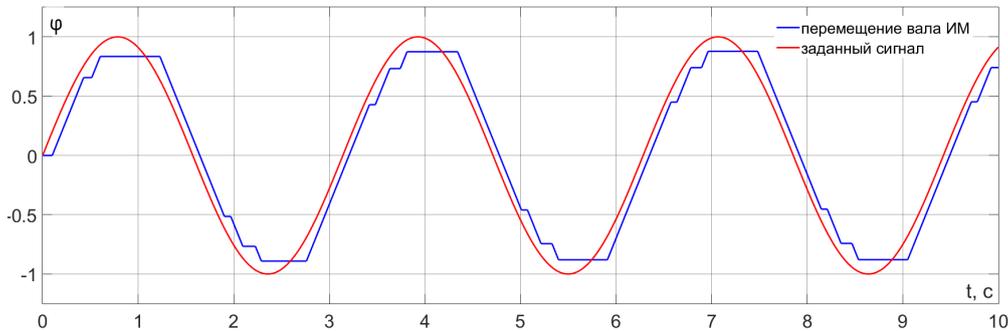


Рис. 5. Выходная характеристика системы управления ИМ

Следует отметить еще один недостаток рассматриваемого способа управления ИМ, а именно, необходимость использования датчика положения, который существенно снижает надежность системы. Поэтому в настоящее время, все более широкое распространение получают разомкнутые схемы управления ИМ. Учитывая, что скорость перемещения вала ИМ постоянна и равна $v_n = \frac{\Delta\varphi_{max}}{t_{им}}$, где $\Delta\varphi_{max}$ - полный угол поворота, $t_{им}$ – время полного поворота, для поворота на $i+1$ интервале на угол $\Delta\varphi_0^{i+1}$ на соответствующем входе ИМ необходимо сформировать импульс длительностью $t_{им} = \frac{\Delta\varphi_0^{i+1}}{v_n}$.

Если в системе регулирования используется ИМ с переменной скоростью (как правило регулирование осуществляется изменением частоты напряжения на статоре), то для каждого интервала необходимо определить требуемую скорость перемещения вала ИМ.

Учитывая, что на $i+1$ интервале необходимо осуществить поворот на угол $\Delta\varphi_0^{i+1}$

требуемая скорость перемещения вала ИМ

$$v^{i+1} = \frac{\Delta\varphi_0^{i+1}}{\Delta t}. \quad (13)$$

При частотном управлении скорость перемещения вала ИМ может быть выражена через ее номинальное значение

$$v^{i+1} = \frac{f^{i+1}}{f_n} v_n, \quad (14)$$

где f_n и f^{i+1} номинальная частота и частота напряжения на статоре на $i+1$ интервале соответственно.

С учетом (13) и (14) требуемая частота напряжения f^{i+1} может быть рассчитана по формуле

$$f^{i+1} = \frac{\Delta\varphi_0^{i+1} \cdot f_n}{\Delta t \cdot v_n}. \quad (15)$$

Таким образом, в результате проведенных исследований, разработаны основы математического обеспечения программной реализации алгоритмов управления, представленных в виде передаточных функций.

Библиографический список

1. Смольянинов, А. В. Система автоматического управления щековой дробилкой /

А. В. Смольянинов, В. В. Ветохин, О. В. Собенина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 2. – С. 400-407. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-2-400-401. – EDN KYTKRD.

2. Смольянинов, А. В. Применение вычислительных систем для параметрической идентификации / А. В. Смольянинов, О. Е. Ефимова, С. И. Поляков // Информационные технологии в строительных,

социальных и экономических системах. – 2025. – № 1(35). – С. 66-70. – EDN ZGQHUG.

3. Смольянинов, А. В. Система управления весовым дозатором дискретного действия / А. В. Смольянинов, П. Ю. Гусев, Е. В. Григорьев // Качество и жизнь. – 2023. – № 2(38). – С. 36-44. – DOI 10.34214/2312-5209-2023-38-2-36-44. – EDN AHNFLC.

Информация об авторах

Смольянинов Андрей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 летия Октября, 84), e-mail: a.v.smolyaninov@yandex.ru

Information about the author

Smolyaninov A.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Control Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20-letiya Oktyabrya Str, Voronezh 394006, Russia), e-mail: a.v.smolyaninov@yandex.ru

УДК 303.732

О СТЕПЕНИ СКЛОННОСТИ К РИСКУ СИСТЕМ В КОНФЛИКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

С.В. Глущенко ¹

¹ *Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина"*

Аннотация: В статье исследуется двусторонняя модель системного конфликта. Предлагается подход анализа модели, в котором решение системы дифференциальных уравнений базируется на предположении о степени склонности к риску обеих сторон конфликта. При наложенных ограничениях возможно аналитическое решение.

Ключевые слова: противодействие, конфликт, склонность к риску системы, функция, показатель эффективности.

ON THE DEGREE OF RISK PROPENSITY OF SYSTEMS IN CONFLICT INTERACTIONS

S.V. Glushchenko ¹

¹ *Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. Ye. Zhukovsky and Y. A. Gagarin"*

Abstract: This article examines a two-sided model of systemic conflict. An approach to model analysis is proposed in which the solution to a system of differential equations is based on the assumption of the risk propensity of both parties to the conflict. Under certain constraints, an analytical solution is possible.

Keywords: counteraction, conflict, risk propensity of the system, function, performance indicator.

В исследовании конфликтного взаимодействия двух сторон (систем S_1 и

S_2) необходимо учитывать такую качественную характеристику любой системы как степень склонности ее к риску. В теореме Неймана – Моргенштерна утверждается рациональность выбора между несколькими вариантами в условиях неопределенности, т.е. в случае нескольких альтернатив развития системы будет выбрана та, которая максимизирует ожидаемую полезность, основываясь на аксиомах полноты, транзитивности, непрерывности и независимости предпочтений.

Тогда, если обе противоборствующие системы склонны к риску при их взаимодействии, показатели их эффективности $x_1(t)$ и $x_2(t)$ соответственно представляют собой возрастающие, выпуклые вниз функции времени. Конфликт стремительно развивается. В этом случае их вторые производные по времени будут иметь положительные значения ($x_1''(t) > 0, x_2''(t) > 0$)

Если в случае нарастания конфликта противодействующие стороны не склонны к риску, функции показателей эффективности выпуклы вверх. Характеризовать конфликт можно как затяжной. Вторые производные функций показателей эффективности отрицательны ($x_1''(t) < 0, x_2''(t) < 0$).

В третьем случае, если одна из сторон (система S_1) склонна к риску, а другая (S_2) – нет, конфликт нарастает с

$$g_1(t) = \alpha_1\phi_1(t) + \alpha_2\phi_2(t) + \dots + \alpha_k\phi_k(t), \sum_{i=1}^k \alpha_i = 1,$$

$$g_2(t) = \beta_1\varphi_1(t) + \beta_2\varphi_2(t) + \dots + \beta_m\varphi_m(t), \sum_{i=1}^m \beta_i = 1.$$

ϕ_i (ψ_i) – факторы, влияющие на рост $g_1(t)$ ($g_2(t)$). α_i (β_i) – факторные нагрузки (весовые коэффициенты) [2].

Напротив, функции $f_{12}(t)$ и $f_{21}(t)$ – группируют факторы влияния системы S_2 на систему S_1 и системы S_1 на систему S_2

непредсказуемым завершением. При этом функция показателя эффективности первой системы выпукла вниз, а второй – выпукла вверх ($x_1''(t) > 0, x_2''(t) < 0$).

Но возможен вариант развития конфликта, при котором обе стороны или какая-то одна из них нейтральны к риску. Тогда функции показателей эффективности возрастают, но для систем, несклонных к риску, их вторые производные по времени равны нулю ($x_1''(t) = 0, x_2''(t) = 0$).

Эти рассуждения необходимы в контексте логического развития выводов статьи [1], в которой был получен один из вариантов аналитического решения системы дифференциальных уравнений, описывающих рассматриваемую модель двустороннего противодействия.

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = g_1(t)x_1 - f_{12}(t)x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = g_2(t)x_2 - f_{21}(t)x_1 \end{cases} \quad (1)$$

Здесь функции $g_1(t)$, $g_2(t)$ определяют воздействие на возрастание показателей $x_1(t)$ и $x_2(t)$ соответственно. Эти функции формируются как группы факторов различной природы (точнее линейные комбинации факторов с соответствующими весовыми коэффициентами), от которых зависит рост $x_1(t)$ и $x_2(t)$:

соответственно. Функции $f_{12}(t)$ и $f_{21}(t)$ строятся по аналогии схемы построения функций $g_1(t)$, $g_2(t)$.

Таким образом, система (1) определена. Переходим к одному из вариантов ее решения. Решая систему относительно $x_1(t)$,

имеем однородное дифференциальное

$$x''(t) - (g_1(t) + f_{12}'(t) / f_{12}(t) + g_2(t))x_1'(t) - (f_{12}(t)f_{21}'(t) - (f_{12}'(t) + g_2(t))g_1(t) / f_{12}(t))x_1(t) = 0 \quad (2)$$

Используем подстановки

$$P(t) = (g_1(t) + f_{12}'(t) / f_{12}(t) + g_2(t)),$$

$$Q(t) = (f_{12}(t)f_{21}'(t) - (f_{12}'(t) + g_2(t))g_1(t) / f_{12}(t)),$$

и окончательно выводим уравнение

$$x_1''(t) - P(t)x_1'(t) - Q(t)x_1(t) = 0 \quad (3)$$

При наложенных ограничениях на функции $P(t)$, $Q(t)$ и подборе соответствующего частного решения $x_1(t)$, аналитически решается полученное дифференциальное уравнение [3]. В статье [1] подробно рассмотрен случай, когда система S_I склонна к риску. Пусть найдено частное решение $x_{11}(t)$. В данном случае полагаем, что система S_I не склонна к риску, тогда берем $x_{11}(t) = \ln(at)$, ($a > 0$).

Решая первое уравнение системы (1), определяем

$$x_{21}(t) = (g_1(t) \ln(at) - 1/t) / f_{12}(t).$$

При определенных соотношениях $g_1(t)$ и $f_{12}(t)$, например $g_1(t) / f_{12}(t) = O(t^n)$, ($0 < n < 1$), и одновременно $f_{12}(t) = O(t^n)$, ($n > 0$), $x_{21}(t)$ также не склонна к риску.

При соотношениях $g_1(t)$ и $f_{12}(t)$, например таких $(g_1(t) / f_{12}(t) = O(e^{bt} / \ln(at))$, ($b > 0, a > 0$), одновременно $f_{12}(t) = O(t^{-1})$, $x_{21}(t)$ склонна к риску.

При соотношениях $g_1(t)$ и $f_{12}(t)$, в виде $g_1(t) / f_{12}(t) = O(t / \ln(at))$, ($a > 0$), одновременно $f_{12}(t) = O(t^{-n})$, $n > 0$, $x_{21}(t)$ нейтральна к риску.

Наконец предположим, что система S_I нейтральна к риску. Тогда функция $x_{11}(t)$

уравнение второго порядка

может иметь вид $x_{11}(t) = at + b$, ($a > 0$).

Решая первое уравнение системы (1), определяем

$$x_{21}(t) = ((ag_1(t) - 1)t + bg_1(t)) / f_{12}(t).$$

При определенных соотношениях $g_1(t)$ и $f_{12}(t)$, например $g_1(t) / f_{12}(t) = O(e^{at})$, ($a > 0$), $x_{21}(t)$ склонна к риску.

При соотношениях $g_1(t)$ и $f_{12}(t)$, например таких $g_1(t) / f_{12}(t) = O(\ln(at) / t)$, ($a > 0$), $x_{21}(t)$ не склонна к риску.

При соотношениях $g_1(t)$ и $f_{12}(t)$, в виде $g_1(t) / f_{12}(t) = const$, одновременно $f_{12}(t) = O(t)$, либо $f_{12}(t) = const$, $x_{21}(t)$ нейтральна к риску.

Если подобрать частные решения $x_1(t)$ или $x_2(t)$ невозможно, а на функции $P(t)$ и $Q(t)$ сложно наложить ограничения, при которых аналитическое решение уравнения (3) существует, следует искать численные решения системы (1).

Библиографический список

1. Глущенко С. В. О модели двустороннего конфликтного взаимодействия / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах / Научно-технический журнал. Выпуск № 4(38). Воронеж. ВГТУ, 2025 г. С. 7-9.
2. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 397 с.
3. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения. / Л.Э. Эльсгольц. – М.: Издательство ЛКИ, 2019. – 312 с.

Информация об авторах

Глущенко Сергей Владимирович – кандидат технических наук,

Information about the author

Glushchenko Sergey Vladimirovich – Candidate of Technical

доцент кафедры математики, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина" (394064, Россия, г. Воронеж, 394064, ул. Старых Большевиков, 54 «А»), e-mail: serjvladimir@rambler.ru

Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. Ye. Zhukovsky and Y. A. Gagarin" (394064, Russia, Voronezh, 394064, st. Old Bolsheviks, 54 "A"), e-mail: serjvladimir@rambler.ru

УДК 004.9:69.05

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА МЕЖДУ BIM-ПЛАТФОРМАМИ И ERP-СИСТЕМАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Р.Р. Хакимов¹, Р.С. Зарипова¹

¹ Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

Аннотация: В статье проведен анализ проблем интеграции инженерных данных (BIM) и систем управления ресурсами (ERP) в контексте цифровой трансформации строительной отрасли. Рассматриваются условия семантической совместимости между различными системами и выявляются ключевые структурные противоречия, возникающие при синхронизации информации на всех этапах жизненного цикла строительства. В результате использования теоретико-множественного подхода предложена формализованная модель обмена данными, позволяющая установить соответствие между элементами BIM и ERP. Подробно описаны виды несоответствий, возникающих в процессе интеграции, и даны рекомендации по их решению на основе онтологического моделирования. Приведенный сравнительный анализ методов интеграции демонстрирует преимущества создания единого информационного пространства для повышения автоматизации и снижения рисков потери данных.

Ключевые слова: информационное моделирование, ERP, BIM, системный анализ, теория множеств, интеграция данных, управление строительством.

FORMALIZATION OF INFORMATION EXCHANGE PROCESSES BETWEEN BIM PLATFORMS AND ERP SYSTEMS IN CONSTRUCTION

R.R. Khakinov¹, R.S. Zaripova¹

¹ Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Abstract: The article analyses the problems of integrating engineering data (BIM) and resource management systems (ERP) in the context of the digital transformation of the construction industry. It examines the conditions for semantic compatibility between different systems and identifies key structural contradictions that arise when synchronising information at all stages of the construction life cycle. As a result of using a theoretical-multiple approach, a formalised data exchange model is proposed that allows establishing correspondence between BIM and ERP elements. The types of inconsistencies that arise during integration are described in detail, and recommendations for resolving them based on ontological modelling are provided. The comparative analysis of integration methods demonstrates the advantages of creating a unified information space to increase automation and reduce the risk of data loss.

Keywords: information modeling, ERP, BIM, system analysis, set theory, data integration, construction management.

Цифровая трансформация строительной отрасли требует создания единого информационного пространства, в котором инженерные и управленческие данные существуют в синхронизированном состоянии. Однако наблюдается разрыв между системами автоматизированного

проектирования (BIM – Building Information Modeling) и системами управления предприятием (ERP – Enterprise Resource Planning). Как показывает анализ предметной области [1,2], эти системы часто функционируют изолированно, что приводит к ошибкам при закупочной деятельности и

календарном планировании и дублированию информации.

Данное исследование предоставляет формализованное описание процессов обмена данными между инженерным и экономическим контурами управления строительством без привязки к конкретным программным продуктам.

Следуя принципам общей теории систем, рассмотрим строительный проект как сложную систему S , состоящую из множества элементов (конструкций, работ, ресурсов). Проблема заключается в том, что BIM-система оперирует геометрическими и физическими параметрами [3, 4], в то время как ERP-система оперирует стоимостными и временными атрибутами [5].

Обозначим множество информационных объектов в BIM-системе как

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}, \quad (1)$$

где каждый b_i – это элемент цифровой модели (стена, колонна, окно).

Аналогично, множество объектов учета в ERP-системе обозначим как

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}, \quad (2)$$

где e_i – номенклатурная позиция (материал, работа).

Основная задача интеграции сводится к построению отображения F , которое ставит в соответствие элементам множества B элементы множества E :

$$F: B \rightarrow E. \quad (3)$$

Согласно методологиям стратегического внедрения BIM [6], это отображение не является биективным (взаимно однозначным), так как одному элементу модели может соответствовать множество позиций сметы, и наоборот.

Для корректного описания взаимодействия необходимо ввести

промежуточное множество атрибутов связывания. Пусть каждый объект b_i характеризуется набором параметров (например, объем, материал, классификатор):

$$P(b_i) = p_1, p_2, \dots, p_n. \quad (4)$$

Условием возможности автоматизированной передачи данных является наличие непустого пересечения атрибутивных составов систем:

$$P(B) \cap P(E) \neq \emptyset, \quad (5)$$

где $P(B)$ и $P(E)$ – множества метаданных соответствующих систем.

Введем функцию валидации данных $V(x)$, которая принимает значение 1, если данные корректны, и 0 в противном случае. Тогда процесс интеграции I можно описать как последовательность трансформаций состояния системы:

$$I = \sum_{i=1}^n V(F(b_i)) \cdot w_i, \quad (6)$$

где w_i – весовой коэффициент значимости элемента для критического пути проекта.

При этом возникают коллизии трех типов:

1. Структурные коллизии, когда $F(b_i) \neq \emptyset$ (элемент есть в модели, но отсутствует в справочнике ERP);

2. Атрибутивные коллизии, когда значения параметров не совпадают по размерности или формату;

3. Временные коллизии, когда происходит рассинхронизация версий данных.

Для решения проблемы предлагается использовать подход на основе онтологического моделирования [7]. Пусть Ω – общая онтология строительной предметной области. Тогда интеграция осуществляется не напрямую, а через отображение на онтологию.

Определим оператор соответствия

$$M(b_i, e_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } Class(b_i) \cong Class(e_j), \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (7)$$

где отношение \cong означает семантическую эквивалентность в рамках онтологии Ω .

Сравнительный анализ методов

интеграции, выявленный в ходе исследования, представлен в таблице 1.

Таблица 1 Сравнительный анализ методов интеграции данных

Метод интеграции	Уровень автоматизации	Сложность реализации	Риск потери данных
Файловый обмен (IFC/Excel)	Низкий	Низкая	Высокий
Point-to-Point (API)	Высокий	Высокая	Средний
Единое информационное пространство (CDE)	Высокий	Очень высокая	Низкий

Как видно из таблицы, наиболее надежным, но трудоемким является создание единой среды данных. Однако предложенная математическая модель, описываемая формулами (1)-(7), позволяет оптимизировать процесс даже при файловом обмене, вводя строгие правила валидации на этапе выгрузки.

В работе предложена формализованная модель информационного взаимодействия подсистем строительного предприятия. Использование теоретико-множественного описания позволяет выявить узкие места интеграции на этапе проектирования информационной системы еще до начала разработки программного кода [8, 9]. Информационные системы управления включают в себя не только программные системы, но и весь комплекс бизнес-процессов и ресурсов, которые используются для получения информации из функциональных или тактических систем [10-12]. Дальнейшие исследования будут направлены на уточнение функции валидации (3) с использованием методов нечеткой логики для обработки неполных данных.

В заключение стоит отметить, что

результаты данного исследования подчеркивают важность формализации процессов информационного обмена между системами BIM и ERP в строительной отрасли, где качественная интеграция играет ключевую роль в обеспечении успешной реализации проектов. Проанализированные подходы к интеграции выявили как существующие проблемы, так и потенциальные пути их решения, подтверждая необходимость создания единого информационного пространства, которое позволит наладить эффективное взаимодействие между инженерными и управленческими данными.

Разработанная в рамках данной работы теоретико-множественная модель информационной интеграции не только способна оптимизировать процессы обмена данными, но и выявить узкие места на этапе проектирования информационных систем. Это, в свою очередь, позволит значительно сократить риски, связанные с ошибками и дублированием информации, которые возникают в ходе проектирования и реализации строительных проектов.

Одна из ключевых находок исследования заключается в признании

необходимости использования онтологического подхода для достижения семантической совместимости между различными системами. Это не только создаст условия для более глубокого и точного понимания данных, но и обеспечит высокую степень автоматизации в процессе интеграции, что позволит улучшить общие показатели эффективности в строительной отрасли.

Полученные результаты открывают новые горизонты для дальнейших научных исследований в форме уточнения функций валидации данных с применением методов нечеткой логики [13], что позволит более гибко справляться с неопределенностью информации и повысить надежность интеграционных процессов. Таким образом, предложенные концепции и модели становятся основой для конструктивных изменений в подходах к управлению информацией в строительстве, способствуя тем самым цифровой трансформации отрасли как таковой.

Библиографический список

1. Фонтокина, В. А. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства / В. А. Фонтокина, А. А. Савенко, Е. Д. Самарский // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 1. С. 6. – EDN IPTBYB.
2. Эльгукаева, Л. А. ERP-система как инструмент цифровой трансформации строительного предприятия / Л. А. Эльгукаева, З. А. Амагова // Вестник ГГНТУ. Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2024. – Т. 20, № 1(35). – С. 22-31. – DOI 10.26200/GSTOU.2024.75.93.003. – EDN EPYLLO.
3. Байнов, А. М. Робототехника и компьютерное моделирование: задачи и перспективы применения / А. М. Байнов, Р. С. Зарипова // International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. – 2018. – № 2. – С. 4-7. – EDN YQMYHJ.
4. Никоноров, Д. П. Визуализация и компьютерное моделирование энергетических систем / Д. П. Никоноров, Р. С. Зарипова // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: международная научно-техническая конференция. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 584-587. – EDN EHTYUJ.
5. Юсупова, Р. И. Применение искусственного интеллекта для прогнозирования стоимости строительных проектов / Р. И. Юсупова, Р. С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 1(35). – С. 111-115. – EDN JYHHIW.
6. Анализ перехода на технологии информационного моделирования зданий и сооружений (BIM-технологии) / П. Д. Карастоянов, К. Ю. Ткаченко, О. С. Селиванова [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 9(98). – С. 202-207. – EDN YVFAFN.
7. Гусенков, А. М. Построение онтологии предметной области на основе логической модели данных / А. М. Гусенков, Н. Р. Бухараев, Е. В. Биряльцев // Электронные библиотеки. – 2020. – Т. 23, № 3. – С. 390-417. – DOI 10.26907/1562-5419-2020-23-3-390-417. – EDN REZCEG.
8. Смирнов Ю.Н. Основы проектирования и разработки цифровых платформ предприятий // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2018. Т. 74. № 3. С. 155-161. – EDN YTHZOX.
9. Смирнов Ю.Н., Каляшина А.В. Роль математического моделирования при цифровизации технологических процессов //

Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 116-119. – EDN IZFMIQ.

10. Ильина, Д. И. Компоненты цифровых двойников предприятий: информационные системы управления / Д. И. Ильина, Ю. Н. Смирнов, О. Ю. Янова // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 207-210. – EDN BNGKFD.

11. Яппаров, Р. Р. Внедрение информационных систем управления как инструмента организационной эффективности предприятий / Р. Р. Яппаров, Р. С. Зарипова // Информационные технологии в

строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 4(22). – С. 27-29. – EDN TBZNAV.

12. Салтанаева, Е. А. Моделирование бизнес-процессов в организации по предоставлению строительных услуг через веб-приложение / Е. А. Салтанаева, С. М. Куценко // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 1(174). – С. 1028-1032. – DOI 10.34925/EIP.2024.174.1.183. – EDN EBFDOO.

13. Пырнова О.А., Катасёв А.С. Анализ методов редукции нейронечетких моделей // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования: материалы международной научно-практической конференции. Казань, 2025. С. 1759-1764. – EDN NBRORX.

Информация об авторах

Хакимов Рамиль Радикович – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: ramma19@mail.ru

Зарипова Римма Солтановна – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru.

Information about the author

Ramil R. Khakimov – student, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: ramma19@mail.ru

Rimma S. Zaripova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru.

УДК 004.738.5:316.42

ФЕНОМЕН ЦИФРОВОГО СЛЕДА В АРХИТЕКТУРЕ СОЦИАЛЬНОГО СКОРИНГА

Т.Р. Измайлов¹, Р.С. Зарипова¹

¹ Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

Аннотация: В статье исследуется феномен цифрового следа как основы для систем социального скоринга. Анализируются технические предпосылки их создания: большие данные, алгоритмы машинного обучения и всеобщая цифровизация. Основное внимание уделено этическим рискам таких систем: утрате приватности, алгоритмической дискриминации и подавлению свободы воли. Обосновывается необходимость правового регулирования, включая право на объяснение решений ИИ и цифровое забвение. Делается вывод, что развитие социального скоринга – это прежде всего ценностный, а не технологический выбор общества.

Ключевые слова: цифровой след, социальный скоринг, большие данные, машинное обучение, этика ИИ, приватность, алгоритмическая дискриминация.

THE PHENOMENON OF THE DIGITAL FOOTPRINT IN THE ARCHITECTURE OF SOCIAL SCORING

T. R. Izmailov¹, R. S. Zaripova¹

¹ *Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia*

Abstract: The article explores the phenomenon of the digital footprint as the basis for social scoring systems. The technical prerequisites for their creation are analyzed: big data, machine learning algorithms and universal digitalization. The main focus is on the ethical risks of such systems.: loss of privacy, algorithmic discrimination, and suppression of free will. The necessity of legal regulation, including the right to explain AI solutions and digital oblivion, is substantiated. It is concluded that the development of social scoring is primarily a value, not a technological choice of society.

Keywords: digital footprint, social scoring, big data, machine learning, AI ethics, privacy, algorithmic discrimination.

Формирование всепроникающей цифровой среды привело к появлению беспрецедентного по своему масштабу феномена – персонального цифрового следа. Под этим понятием подразумевается совокупность данных, которые индивид добровольно или неосознанно генерирует в процессе взаимодействия с цифровыми системами: история онлайн-платежей и поисковых запросов, геолокационные метки, модели потребления контента, социальные связи и коммуникации в сетях, данные с устройств интернета вещей [1]. Этот след, изначально воспринимавшийся как побочный продукт цифровизации, постепенно превращается в ценный ресурс для анализа и прогнозирования. Особую остроту данная тема приобретает в контексте концепции социального скоринга – системы оценки поведения, благонадежности и социальной ценности гражданина не только на основе его финансовой истории, но и с учетом широкого спектра поведенческих паттернов, выявляемых из цифрового следа. Возникновение такой возможности ставит перед обществом сложнейшие этические вопросы, требующие осмысления еще до ее полномасштабной технической реализации, которая уже перестает быть футурологическим сценарием.

Технические предпосылки для построения систем социального скоринга на основе цифрового следа формируются под воздействием трех взаимосвязанных

факторов. Первый фактор – экспоненциальный рост объема, скорости и разнообразия генерируемых данных, что соответствует критериям Big Data. Второй – развитие мощных алгоритмов машинного обучения, в особенности глубоких нейронных сетей, способных выявлять сложные, неочевидные для человека корреляции и паттерны в этих гетерогенных данных [2, 3]. Алгоритмы могут связать частоту посещения определенных мест с вероятностью совершения правонарушения, анализ лексики в социальных сетях – с психоэмоциональным состоянием и уровнем лояльности, а паттерны финансового поведения – с социальной ответственностью. Третий фактор – повсеместная цифровизация государственных и коммерческих сервисов, которая обеспечивает сбор и централизацию этих разрозненных данных в потенциально единые или взаимосвязанные профили. Комбинация этих технологий создает основу для предиктивного моделирования социального поведения, где решение о предоставлении услуги, одобрении кредита или уровне доверия к гражданину принимается не человеком на основе четких правил, а алгоритмом на основе выведенных им вероятностных закономерностей [4]. Это знаменует переход от реактивного управления к управлению предиктивному и прескриптивному, основанному на прогнозе будущих действий индивида.

Этические дилеммы, порождаемые

такой технической возможностью, носят фундаментальный характер и затрагивают сами основы современного демократического общества. Центральной является проблема утраты приватности и презумпции невиновности. Социальный скоринг, по сути, институционализирует режим тотальной прозрачности, где гражданин находится под постоянным, всевидящим цифровым наблюдением. Его прошлые действия, вырванные из контекста, и предсказанные будущие склонности становятся основанием для оценки в настоящем. Это прямо противоречит принципу, согласно которому человек не может быть наказан или ограничен в правах за мысли, намерения или статистическую вероятность проступка. Вторая острая дилемма – дискриминация, усиленная и легитимизированная алгоритмом. Системы машинного обучения неизбежно наследуют предубеждения, заложенные в исторических данных, на которых они обучаются. Если в прошлом существовала практика косвенной дискриминации определенных социальных групп, алгоритм формализует и автоматизирует эту практику, маскируя ее под объективную «научную» оценку [5]. При этом «черный ящик» многих сложных моделей делает невозможным понимание и оспаривание конкретных причин, приведших к низкому скоринговому баллу. Третья дилемма касается свободы воли и права на спонтанность. Осознание постоянного наблюдения и оценки порождает эффект «самоцензуры» и «цифрового конформизма». Индивид начинает подстраивать свое поведение, включая мысли, выраженные онлайн, и круг общения, под ожидаемые алгоритмом нормы, чтобы не понизить свой социальный рейтинг. Это ведет к атомизации общества, утрате доверия и подавлению любого

нестандартного, критического или творческого поведения, которое система может счесть девиантным. Таким образом, социальный скоринг рискует создать не просто инструмент управления, а механизм глубокого психологического и социального контроля.

В качестве возможного пути смягчения этих рисков сегодня обсуждается ряд принципов, которые должны быть закреплены законодательно и реализованы технически. Во-первых, это принцип прозрачности и объяснимости. Гражданин имеет право получить содержательное, человекопонятное объяснение любого автоматизированного решения, серьезно затрагивающего его права и возможности. Во-вторых, необходимо право на цифровое забвение – возможность удаления или анонимизации устаревшего цифрового следа, не имеющего более актуальности. В-третьих, требуется внедрение этики по дизайну, когда требования недискриминации, справедливости и уважения приватности встраиваются в архитектуру алгоритмов и систем сбора данных на самом раннем этапе, а не добавляются постфактум. Наконец, ключевым становится вопрос о границах. Общество должно в ходе открытой дискуссии определить, какие сферы жизни должны быть объявлены безусловно закрытыми для анализа и использования в любых скоринговых системах, независимо от технической возможности такого анализа.

В заключение следует признать, что цифровой след и вытекающая из него возможность социального скоринга представляют собой классическую проблему двойственности. С одной стороны, эти данные могут служить благородным целям: персонализации социальной и медицинской помощи, раннего выявления групп риска для

оказания поддержки, оптимизации распределения государственных ресурсов. С другой стороны, та же технологическая база открывает путь к построению антиутопической системы тотального контроля, подавляющей человеческую автономию и закрепляющей социальное неравенство. Выбор между этими сценариями – не технологический, а ценностный и политический. Техническая реализуемость того или иного подхода не должна подменять собой вопрос о его желательности и допустимости. Развитие правовых норм и этических рамок должно не догонять технологический прогресс, а по возможности опережать его, задавая четкие границы, внутри которых сбор и анализ цифрового следа служит свободе и развитию человека, а не его порабощению цифровым контролем.

Библиографический список

1. Кизима, С. В. Телекоммуникационная среда и проблематика данных цифрового следа субъектов цифрового общества / С. В. Кизима, Ф. В. Кидалов, Д. А. Пальцин // *Электросвязь*. – 2021. – № 12. – С. 33-37. – DOI 10.34832/ELSV.2021.25.12.004. – EDN YLBLTQ.

2. Салимов, Р. Р. Этические аспекты внедрения технологий искусственного интеллекта / Р. Р. Салимов, Р. С. Зарипова // *Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Международная научно-техническая конференция*. – Казань:

Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 226-229. – EDN ORVDST.

3. Гимаева, А. Р. Влияние развития искусственного интеллекта на социальную жизнь общества / А. Р. Гимаева, Р. С. Зарипова // XXVIII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: Материалы докладов. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 25-28. – EDN BWHNDV.

4. Хадеева, Э. Р. Анализ цифрового следа: ключ к улучшению взаимодействия пользователей с цифровой платформой / Э. Р. Хадеева, А. А. Ларкина // *Трансформация информационно-коммуникативной среды общества в условиях вызовов современности: Материалы II Международной научно-практической конференции молодых учёных*. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 297-300. – EDN NOBAMZ.

5. Цыбульский, Ф. П. Цифровой след – эффективный инструмент цифровой экономики / Ф. П. Цыбульский // *Информатизация экономики и общества: модели, методы и технологии: Сборник трудов III Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов*. – Москва: ООО "Издательство "Мир науки", 2025. – С. 196-199. – EDN HQSHVS.

Информация об авторах

Измайлов Тимур Ринатович – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51) e-mail: timur.izmailovvv@mail.ru

Зарипова Римма Солтановна – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the author

Timur R. Izmailov – student, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia) e-mail: timur.izmailovvv@mail.ru

Rimma S. Zaripova – candidate of technical sciences, Associate Professor, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ И БИЗНЕС-АНАЛИТИКА

УДК 004.9

СОЗДАНИЕ CRM СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ СТРАЙКБОЛЬНОГО КЛУБА

И.Д. Сергеев¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассматривается технический подход к разработке CRM системы для управления малым бизнесом на примере собственного страйкбольного клуба. Основной целью является создание информационной системы, которая будет обеспечивать автоматизацию процессов и управление клиентской базой.

Ключевые слова: информационная система, CRM система, разработка, малый бизнес

CREATING A CRM SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF THE AIRSOFT CLUB

I.D. Sergeev¹, E.A. Saltanaeva¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article discusses a technical approach to developing a CRM system for managing small businesses using the example of our own airsoft club. The main goal is to create an information system that will automate processes and manage the customer base

Keywords: information system, CRM system, development, small business.

На основе анализа существующих систем, которые используются в малом бизнесе, можно выделить основные требования к разрабатываемой системе.

Функциональные требования определяют набор возможностей, которые должна обеспечивать CRM система для эффективного управления предприятием, такие как учет и хранения информации о клиентах, управление продажами, ведение учета инвентаря [1].

Нефункциональные требования определяют качество работы системы и удобство ее использования, к ним можно привести интуитивно понятный интерфейс, безопасность и конфиденциальность данных, высокую производительность [2].

Требования к адаптации и гибкости

предполагают, что система должна встраиваться под конкретные бизнес-процессы предприятия, в моем случае это возможность настраивать логику системы под задачи бизнеса, простое добавление новых модулей, а также возможность интеграции с внешними сервисами [3].

Для серверной части был выбран язык программирования PHP и его фреймворк Laravel. Основные причины выбора:

- поддержка архитектуры MVC (Model View Controller), что упрощает организацию кода;
- встроена работа с базой данных (БД) через OEM Eloquent, что ускоряет работу с БД;
- удобная система миграции для управления структурой БД;

- наличие встроенных средств аутентификации и безопасности;

- качественная документация и большое сообщество.

Laravel позволяет создавать безопасные, гибкие и масштабируемые приложения [4].

Для клиентской части CRM системы был выбран фреймворк Vue.js. Он обладает компонентной архитектурой, реактивным обновлением данных, простой интеграцией с Laravel, а также возможностью построения современных SPA (Single Page Application) приложений. Этот фреймворк обеспечит CRM систему удобным, быстрым и интерактивным интерфейсом, который легко можно будет адаптировать под конкретные потребности малого бизнеса [5].

Для хранения данных была выбрана СУБД MySQL – реляционная система управления базами данных. Одна из самых популярных СУБД, которая обеспечит систему надежным хранением данных, будет поддерживать транзакции, имеет совместимость с Laravel. Также эта СУБД имеет инструменты для оптимизации запросов, что позволит снизить нагрузку и уменьшит время выполнения запросов. Результатом использования этой СУБД станет более быстрая работа системы. Выбор этой СУБД обусловлен также ее стабильной работой и простотой администрирования, что делает MySQL оптимальным вариантом для разработки CRM системы [6].

Для интеграции Laravel и Vue.js используется Inertia.js, что позволяет компонентам Vue.js получать данные напрямую от серверной части без создания отдельного REST API [7]. Этот подход имеет преимущество в том, что Inertia.js объединяет преимущества классического серверного рендеринга и позволяет создавать

современные SPA приложения, упрощает архитектуру приложения, снижает трудоемкость разработки, повышает производительность и упрощает расширение пользовательского интерфейса. Использование Inertia.js позволит создать эффективную и удобную систему, которая соответствовала бы требованиям малого бизнеса.

Архитектура системы полностью построена по модели MVC с использованием клиент – серверным подходом и технологии SPA для фронтенда [8]. Сервер на Laravel отвечает за обработку логики запроса, взаимодействие с базой данных через ORM Eloquent и миграции. Клиентской частью обеспечивается удобное взаимодействие пользователей с системой через динамические страницы и компоненты. Inertia.js связывает эти компоненты, выступая в роли моста между сервером и клиентом (рис. 1).

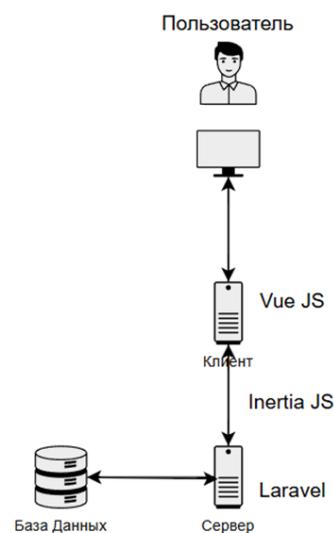


Рис. 1. Архитектура приложения

Для разработки CRM системы для управления страйкбольным клубом одним из важнейшим этапов является проектирование базы данных, которая будет обеспечивать надежное хранение и эффективное управление данными (рис. 2).

Основные сущности БД включают пользователей (они будут работать в системе), таблицу «User», сервисы (предоставляемые страйкбольным клубом), таблицу «Service», события (происходящие в страйкбольном клубе), таблицу «Events»,

(связывающую таблицу для событий и клиентов), таблицу «Event_clients», (таблицу с данными клиентов), «Clients», (список продуктов страйкбольного клуба) «Products» и таблицу продаж «Sales» [9].

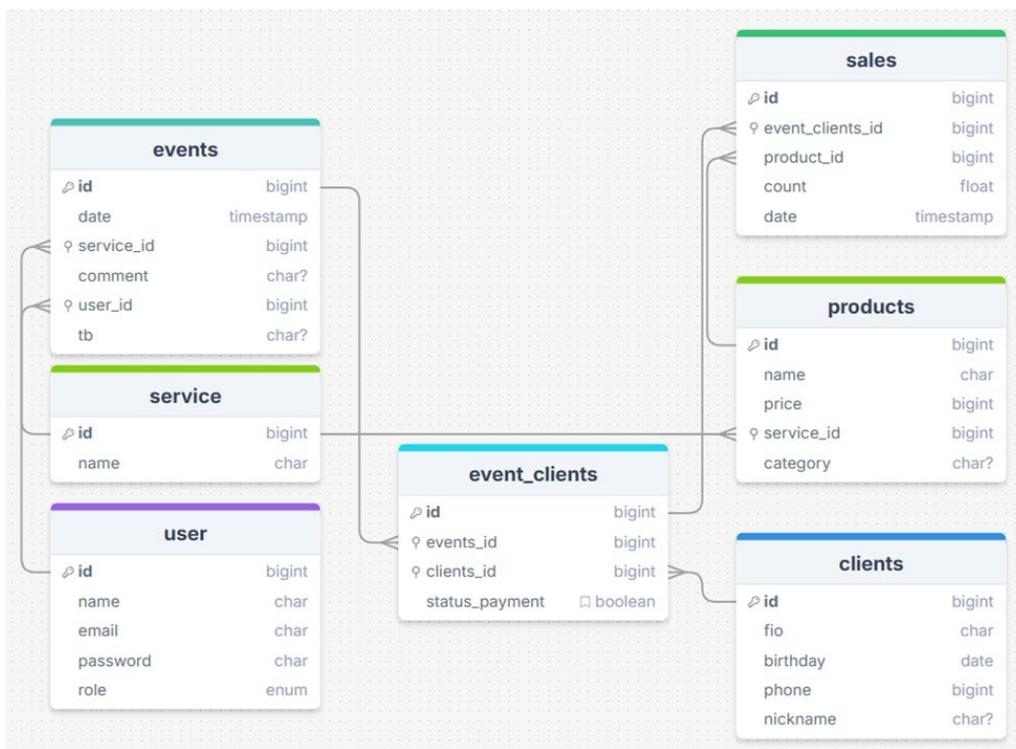


Рис. 2. Общая схема БД

В ходе проектирования CRM системы для управления страйкбольным клубом была создана и описана структура базы данных, вынесены основные таблицы, типы данных, наличие индексов и связей между таблицами, а также была представлена общая схема структуры БД [10].

Разработанная CRM система полностью реализует поставленные цели и задачи, позволяет автоматизировать бизнес-процессы предприятия, сократить объемы ручного труда, повысить и улучшить контроль над деятельностью организации [11]. Выбранный стек технологий обеспечивает оптимальный баланс между производительностью и функциональным

интерфейсом. Все ключевые операции по работе с системой, такие как создание, редактирование, удаление клиентов, событий работают без ошибок. Модуль по управлению услугами и фиксации продаж корректно отображаются и фиксируют данные.

Библиографический список

1. Вылегжанина А.О. CRM-системы: учебное пособие. – Издательство Юрайт 2015.
2. Шарифьянов Д. CRM-системы: внедрение и руководство по применению –Издательство Эксмо 2016.
3. Ковальчук В.В. Проектирование информационных систем: фундаментальный

курс – Издательство Лаборатория знаний 2020.

4. Официальная документация по Laravel.

5. Официальная документация по VueJS.

6. Официальная документация по MySQL.

7. Мэтт Стаффер Laravel. Полное руководство. – Издательство ДМК Пресс 2020.

8. Пабло Гарагусо. Vue.js 3: Шаблоны проектирования и лучшие практики. – Издательство Вмльямс 2021.

9. Иван Кузнецов MySQL. Полное руководство. – Издательство БХВ-Петербург

2019.

10. Хабибуллин, И. М. Сравнительный анализ CRM-систем и их влияние на бизнес / И. М. Хабибуллин, Р. С. Зарипова, С. А. Абдулин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 9, № 3(156). – С. 108-114. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.03.09.015. – EDN LOVEMK.

11. Хамитов, Р. М. Использование больших данных в CRM системах / Р. М. Хамитов // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 5(166). – С. 968-972. – DOI 10.34925/EIP.2024.166.5.197. – EDN OFLRIU.

Информация об авторах

Сергеев Иван Дмитриевич – студент Казанского государственного энергетического университета (420066, Россия, Республика Татарстан (Татарстан), Казань, Красносельская улица, 51, корп. Д) e-mail: sergeev.nlint@yandex.ru, тел: +7 (919) 642 16 65

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры Информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, Республика Татарстан (Татарстан), Казань, Красносельская улица, 51, корп. Д) e-mail: elena_maister@mail.ru,

Information about the author

Sergeev Ivan Dmitrievich – is a student at Kazan State Energy University (building 51, Krasnoselskaya Street, Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan (Tatarstan)). E-mail: sergeev.nlint@yandex.ru, phone: +7 (919) 642 16 65

Saltanaeva Elena Andreevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Republic of Tatarstan (Tatarstan), Kazan, Krasnoselskaya Street, 51, building. E-mail: elena_maister@mail.ru

УДК 004.832.2

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ НА РЫНОК НЕДВИЖИМОСТИ

Э.И. Ахмадуллина ¹, Е.А. Салтанаева ¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В статье рассматриваются концепция, архитектура и практическое внедрение специализированной геоинформационной системы (ГИС), предназначенной для комплексного анализа влияния инфраструктуры и транспортной доступности на рынок недвижимости. Обоснована актуальность системы, позволяющей перейти от интуитивных оценок к основанному на данных моделированию, что дает ключевое конкурентное преимущество девелоперам, риелторам, оценщикам и государственным органам.

Ключевые слова: рынок недвижимости, пространственный анализ, транспортная доступность, инфраструктура, ценовое поле.

GIS SYSTEM FOR ANALYZING THE IMPACT OF INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT ACCESSIBILITY ON THE REAL ESTATE MARKET

E.I. Akhmadullina ¹, E.A. Saltanaeva ¹

¹ Kazan State Power Engineering University

Abstract: The article discusses the concept, architecture and practical implementation of a specialized geographic information system (GIS) designed for a comprehensive analysis of the impact of infrastructure and transport accessibility on the real estate market. The relevance of the system, which allows moving from intuitive estimates to data-based modeling, is substantiated, which gives developers, realtors, appraisers and government agencies a key competitive advantage.

Keywords: real estate market, spatial analysis, transport accessibility, infrastructure, price field.

Введение

В современном мире рынок недвижимости переживает трансформацию под влиянием цифровых технологий. Простые картографические сервисы уже не удовлетворяют потребности профессионалов, которым необходимы сложные аналитические инструменты для принятия обоснованных решений. Геоинформационные системы (ГИС) стали незаменимым инструментом для анализа пространственных данных и выявления скрытых закономерностей, влияющих на стоимость и привлекательность объектов недвижимости.

Особую ценность ГИС представляют для анализа влияния инфраструктуры и транспортной доступности — ключевых факторов, определяющих потребительскую и инвестиционную привлекательность объектов. Интеграция пространственных данных с экономическими показателями позволяет создавать сложные аналитические модели, недоступные при использовании традиционных методов исследования рынка недвижимости.

Результаты исследования

Ценность пространственного анализа на рынке недвижимости велика: инфраструктура может влиять на стоимость до 40%. Инвесторы и девелоперы страдают от недостатка информации о развитии территорий, так как традиционные методы не учитывают пространственную составляющую. ГИС дают конкурентное преимущество, позволяя визуализировать взаимосвязи и проводить углубленный анализ.

Риелторы с ГИС могут предоставить клиентам полную информацию об инфраструктуре, транспорте, экологии и криминогенной обстановке. Государства заинтересованы в развитии ГИС-технологий для устойчивого управления рынком недвижимости, что отражено в документе ЕЭК ООН и FIABCI, подчеркивающим важность создания интеллектуальных систем регистров и кадастров [1].

Концепция ценового поля — основа ГИС-анализа недвижимости, где цены объектов рассматриваются как отражение непрерывного ценового поля в конкретных точках. Близлежащие точки связаны территориальными факторами, плавно меняющимися в пространстве.

Разделение факторов на локальные и территориальные повышает точность моделирования. Влияние территориальных факторов (доступность, инфраструктура и т.д.) условно постоянно для конкретной точки.

ГИС используют растровый метод: геоповерхность покрывается сетью ячеек, где определяется среднее значение (например, стоимости). Это позволяет создавать непрерывные поверхности стоимости и выявлять рыночные закономерности.

Многоуровневая структура данных составляет основу любой эффективной геоинформационной системы для анализа недвижимости. Архитектура предлагаемой ГИС предполагает интеграцию информационных слоев ГИС и локальной базы данных, что обеспечивает автоматизацию оценки собственности. Каждый объект на

цифровой карте, представленной в векторной ГИС, может быть описан большим числом атрибутивных данных, содержащих имя, тип, длину, количество, форму представления и другие характеристики.

Ключевые информационные слои системы можно условно разделить на несколько функциональных групп. Первая группа включает объекты недвижимости с их характеристиками (тип, площадь, этажность, год постройки, состояние). Вторая группа содержит данные об инфраструктуре: образовательные учреждения, медицинские организации, торговые центры, спортивные объекты, зоны отдыха. Третья группа посвящена транспортной системе: дорожная сеть, общественный транспорт, парковки, логистические узлы. Четвертая группа включает градостроительную информацию: зонирование территории, ограничения по высотности, планы развития районов. Пятая группа содержит экономические показатели: кадастровую стоимость, рыночные цены, арендные ставки, динамику цен [2].

Механизмы интеграции данных являются критически важным компонентом системы. Для разработки ГИС-проектов существует возможность использования готовых картографических данных из различных веб-источников. Например, в проект можно добавить базовые карты Open Street Map, карты National Geographic. ArcGIS Online предоставляет пользователям физическую карту мира, карты административного деления. При подключении к картографическим ресурсам Росреестра через ГИС-сервер можно добавить слои кадастрового деления РФ, тематические слои территориального зонирования, данные о кадастровой стоимости объектов недвижимости.

Технологический стек реализации

Серверная часть системы может быть реализована на основе NextGIS Web — серверной ГИС для публикации, хранения и визуализации пользовательских геоданных. Этот продукт обеспечивает возможность централизованного управления пространственными данными, разграничения прав доступа, организации многопользовательской работы. Альтернативным решением может стать использование ArcGIS Enterprise — комплексной платформы для организаций, предоставляющей расширенные возможности пространственного анализа и обработки больших данных.

Настольные клиенты для профессиональных аналитиков могут быть представлены NextGIS QGIS — настольной ГИС для создания и редактирования геоданных, оснащенной плагином NGQ Rosreestr Tools для работы с данными Росреестра/ЕГРН. Этот инструмент позволяет просматривать сведения о кадастровых объектах, находить объекты по кадастровому номеру, идентифицировать кадастровые объекты и сохранять их локально в векторные слои, конвертировать XML-выписки из ЕГРН.

Мобильные приложения играют важную роль в сборе актуальных данных непосредственно на местности. NextGIS Mobile представляет собой полнофункциональную мобильную ГИС для Android, позволяющую специалистам собирать информацию о недвижимости непосредственно с места, анализировать и обмениваться информацией между организациями в режиме реального времени.

Вспомогательные сервисы включают NextGIS Frontend — комплекс браузерных JavaScript-библиотек для создания веб-приложений; NextGIS Toolbox — коллекцию онлайн-инструментов для обработки

геоданных; NextGIS Data — сервис заказа геоданных на любую точку планеты [3].

Функциональные возможности и аналитические инструменты

Инструменты пространственного анализа составляют ядро функциональности системы. К ним относятся возможности буферного анализа для определения зон доступности объектов инфраструктуры; сетевого анализа для расчета оптимальных маршрутов и времени в пути; интерполяции поверхностей для создания непрерывных полей значений (например, стоимости квадратного метра); наложения слоев для выявления корреляций между различными факторами.

Моделирование доступности представляет собой одну из наиболее востребованных функций системы. Алгоритмы расчета учитывают не только физическое расстояние, но и временные затраты, комфортность перемещения, стоимость проезда. Модели общественного транспорта интегрируют расписания, частоту движения, пересадочные узлы. Модели автомобильной доступности учитывают загруженность дорог в разное время суток, наличие парковок, ограничения движения.

Динамическое картографирование позволяет отслеживать изменения во времени. Пользователи могут анализировать, как развитие транспортной инфраструктуры (открытие новых станций метро, строительство дорог) влияет на стоимость недвижимости в прилегающих районах [4]. Система позволяет визуализировать данные по различным ценообразующим факторам не только на текущий момент, но и за определенный период времени в выбранном сегменте рынка недвижимости.

Прогнозное моделирование использует исторические данные для построения

сценариев будущего развития. Машинное обучение и искусственный интеллект применяются для выявления сложных нелинейных зависимостей между множеством факторов. Модели могут прогнозировать, как повлияет на стоимость недвижимости планируемое строительство торгового центра, школы или транспортной развязки.

Практическое применение и варианты внедрения

Для девелоперских компаний ГИС становится стратегическим инструментом выбора земельных участков под застройку. Система позволяет анализировать не только текущее состояние территории, но и ее перспективы с учетом утвержденных планов развития. Девелоперы могут оценивать инвестиционную привлекательность участков, моделировать будущую стоимость объектов на основе прогноза развития инфраструктуры, оптимизировать логистику строительных материалов.

Риэлтерские агентства получают возможность предлагать клиентам принципиально новый уровень сервиса. Вместо простого показа объекта агенты могут демонстрировать интерактивные карты с анализом инфраструктуры, рассчитывать время пути до рабочих мест клиентов, показывать динамику цен в микрорайоне [5]. Это не только повышает доверие клиентов, но и сокращает время сделок, так как покупатели получают всю необходимую информацию в структурированном виде.

Оценочные компании находят в ГИС мощный инструмент для повышения точности оценок. Система позволяет автоматизировать процесс подбора объектов-аналогов с учетом не только физических характеристик, но и параметров местоположения. Методы геостатистики дают возможность интерполировать значения стоимости в

пространстве, определяя рыночную стоимость объектов даже при недостатке непосредственных аналогов.

Государственные органы используют ГИС для кадастровой оценки и управления территориальным развитием. Примером успешной реализации является система «Investor Guideline» в Санкт-Петербурге, которая включает несколько интернет-ресурсов: портал с макроэкономическими данными о развитии города и геоинформационную систему инвестора. Эта система обрабатывает более сорока информационных слоев, содержащих данные для первоначального анализа, необходимого перед принятием решения об инвестировании в недвижимость.

Финансовые институты (банки, страховые компании) применяют ГИС для оценки залоговой стоимости недвижимости, анализа рисков, территориального планирования сети отделений. Система позволяет выявлять территории с повышенными рисками (подтопление, оползневая опасность), что влияет на условия кредитования и страхования [6].

Этапы внедрения и практические рекомендации

Предпроектный анализ начинается с четкого определения целей и задач системы. Необходимо понять, какие именно бизнес-процессы будут оптимизированы с помощью ГИС, какие решения будут приниматься на основе аналитики. Важно провести инвентаризацию существующих данных, оценить их качество и полноту, определить источники недостающей информации.

Проектирование архитектуры должно учитывать, как текущие, так и перспективные потребности организации. Рекомендуется использовать модульный подход,

позволяющий постепенно наращивать функциональность системы. Особое внимание следует уделить механизмам интеграции с существующими информационными системами (CRM, ERP, кадастровые базы).

Формирование команды является критически важным этапом. Помимо IT-специалистов, в команду должны войти эксперты в предметной области (риелторы, оценщики, девелоперы), которые смогут сформулировать требования к системе с точки зрения бизнес-потребностей. Желательно включить в команду специалистов по геоинформатике и пространственному анализу.

Пилотная реализация позволяет проверить концепцию на ограниченном объеме данных и функциональности. Для пилотного проекта следует выбрать территорию с хорошо изученным рынком недвижимости, чтобы можно было оценить точность аналитических моделей. На этом этапе важно не только проверить техническую работоспособность системы, но и оценить ее практическую полезность для конечных пользователей.

Поэтапное внедрение минимизирует риски и позволяет корректировать подход по мере накопления опыта. Рекомендуется начинать с наиболее востребованных функций (например, анализа транспортной доступности), постепенно добавляя более сложную аналитику. Обучение пользователей должно быть непрерывным процессом, так как по мере развития системы будут открываться новые возможности ее применения [7].

Выводы

Геоинформационные системы (ГИС) становятся стратегическим активом на рынке недвижимости, позволяя принимать обоснованные решения на основе данных.

Будущее ГИС в недвижимости связано с интеграцией IoT для получения данных в реальном времени, использованием ИИ и машинного обучения для выявления сложных зависимостей и развитием дополненной реальности для интерактивной визуализации данных.

Внедрение ГИС требует инвестиций, но окупается за счет повышения качества решений, снижения рисков и получения конкурентных преимуществ. Эксперты отмечают, что преимущества географического анализа значительно перевешивают его стоимость.

Для России, с её обширной территорией, развитие ГИС-технологий особенно важно для повышения эффективности бизнеса, создания прозрачного и устойчивого рынка недвижимости, и решения задач государственного управления территориальным развитием.

Библиографический список

1. Быканова, А. С. Разработка системы поддержки принятия решений на основе данных / А. С. Быканова, В. В. Соболе // Сибирский аэрокосмический журнал. - 2020. - М 21-2. - С. 311-112.

2. Хортонен, А. А. Географические информационные системы как системы поддержки принятия решений при управлении пространственной информацией (на примере банковской сферы) / А. А. Хортонен // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.

Управление, вычисл. техн. информ. - 2021. - М 1. - С. 195-199.

3. Степняка Цезари. Возможности использования ГИС-технологий для динамического планирования инвестиционных процессов в городах / Цезари Степняка, Томаш Турек // Procedia Computer Science. - 2020. - Т. 176, М. 2. - С. 3225-3234.

4. Гнездицкий, М. А. Мониторинг транспортных потоков с применением современных методов и моделей / М. А. Гнездицкий, О. Ю. Силкина, Р. С. Зарипова // International Journal of Advanced Studies. - 2023. - Т. 13, № 3-2. - С. 39-45.

5. Натальсон, А. В. Перспективы развития транспортной отрасли в эпоху цифровой трансформации / А. В. Натальсон // International Journal of Advanced Studies. - 2023. - Т. 13, № 2-2. - С. 74-78.

6. Будикин, А. Е. Современные тенденции, проблемы и перспективы развития современных информационных систем в России / А. Е. Будикин, Д. В. Андреев // Московский экономический журнал. - 2022. - М 5-3 -С. 16-19.

7. Маркос, М. Р. Пространственный анализ для выявления городских территорий с более высоким потенциалом для социальных инвестиций / Мартинес, Маркос и Топпа, Рожерио и Феррейра, Рикардо и Кавагис, Александр и Кавакубо, Фернандо и Морато, Рубия // Журнал географической информационной системы. - 2023. - М 09. - С. 591-603.

Информация об авторах

Салтанаева Елена Андреевна - кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, Красносельская ул, д. 51.), e-mail: elena_maister@mail.ru

Ахмадуллина Элина Искандеровна - студент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, Красносельская ул, д. 51.), e-mail: axmadullina_elina@mail.ru.

Information about the author

Saltanaeva Elena Andreevna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan), e-mail: elena_maister@mail.ru

Akhdullina Elina Iskanderovna - student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan), e-mail: axmadullina_elina@mail.ru.

УДК 004.4'22

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

С.В. Рязанцев ¹, Е.А. Хромых ²

¹ Воронежский государственный технический университет

² Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация: Статья посвящена разработке информационной модели оценки качества продукции в лабораториях нефтехимической промышленности

Ключевые слова: информационная модель, оценка качества, UML

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION MODEL FOR PRODUCT QUALITY ASSESSMENT

S.V. Ryazantsev ¹, E.A. Hromyh ²

¹ Voronezh State Technical University

² Voronezh State University of Engineering Technologies

Abstract: The article is devoted to the development of an information model for product quality assessment in petrochemical industry laboratories.

Keywords: information model, quality assessment, UML

Существенной проблемой, возникающей на ряде производств нефтехимической промышленности, является оценка соответствия продукции установленным стандартам. Зачастую используемые в лабораториях контроля качества технологии слабо автоматизированы, не имеют цифровой базы данных с характеристиками тестируемых материалов, а также инструментов помощи в оценке качества. В работе [1]

рассмотрено применение объектно-ориентированного подхода при разработке информационной подсистемы, применяемой для оценки качества продукции. Смоделирована предметная область с применением языка UML в среде StarUML. Представлены контекстная диаграмма подсистемы, а также диаграмма прецедентов «as-is» и «to-be». В данной работе созданы недостающие диаграммы (рис. 1 13).

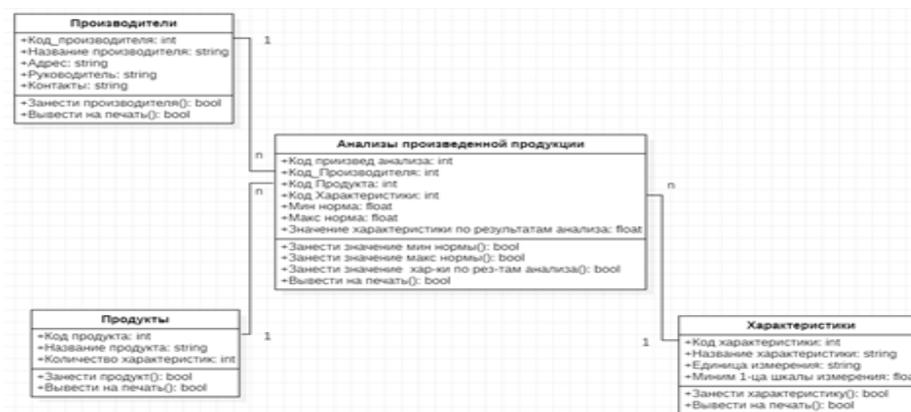


Рис. 1. Диаграмма классов «as-is»

Диаграмма классов отражает совокупность объектов (классов) с присущими им

атрибутами, операциями и различных отношений между ними.

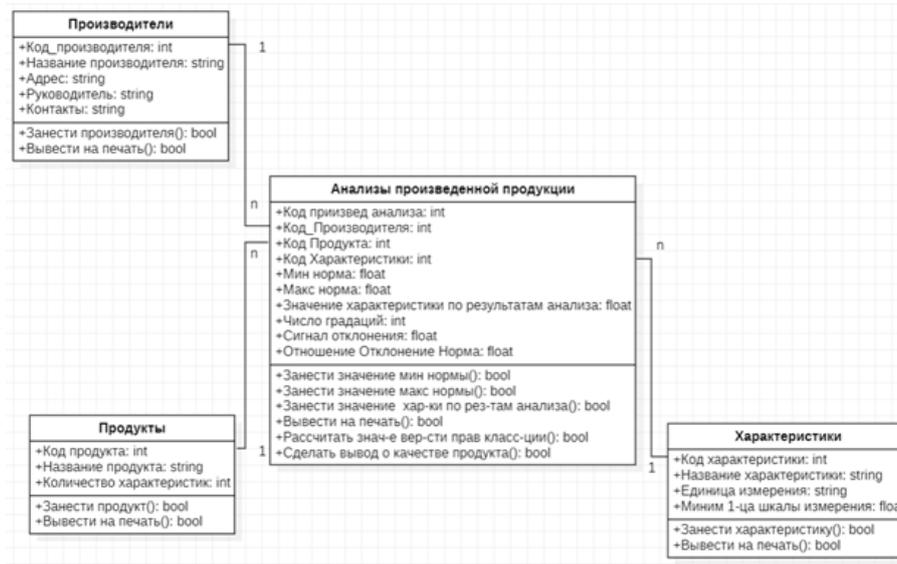


Рис. 2. Диаграмма классов «to-be»

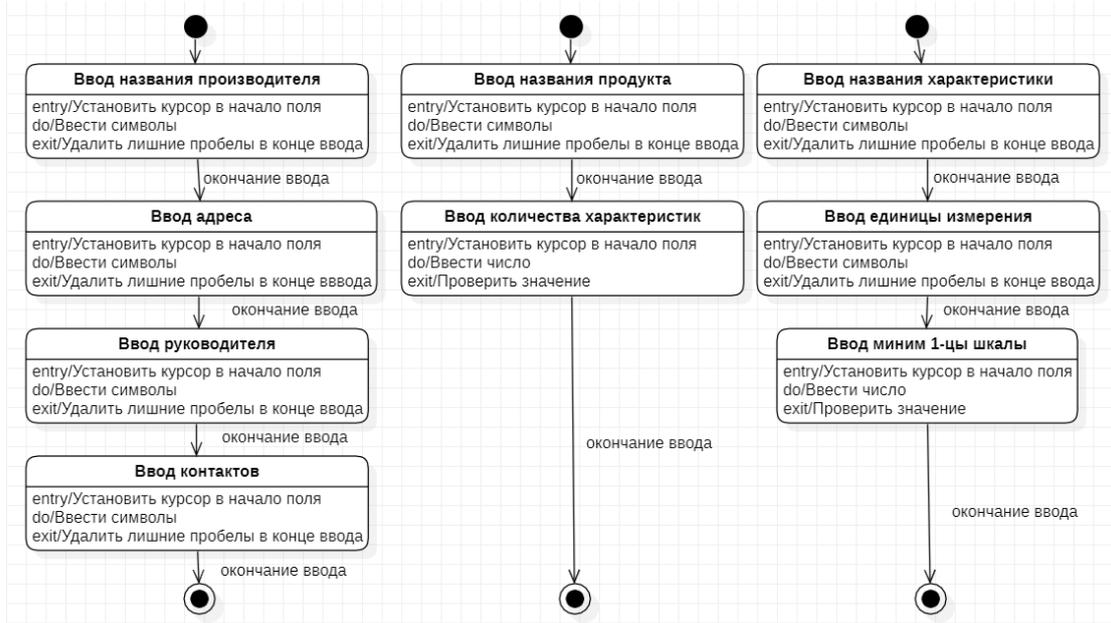


Рис. 3. Диаграммы состояний классов Производители, Продукты и Характеристики «as-is»

Диаграмма состояний описывает возможные последовательности состояний и переходов, которые в совокупности характеризуют поведение элемента модели в течение его жизненного цикла. Диаграммы состояний классов Производители,

Продукты и Характеристики «to-be» совпадают с диаграммами «as-is».

Для моделирования процесса выполнения операций использованы диаграммы деятельности. Диаграмма рис. 6 отражает процесс оценки качества продукции,

реализованный в лаборатории на данный момент.

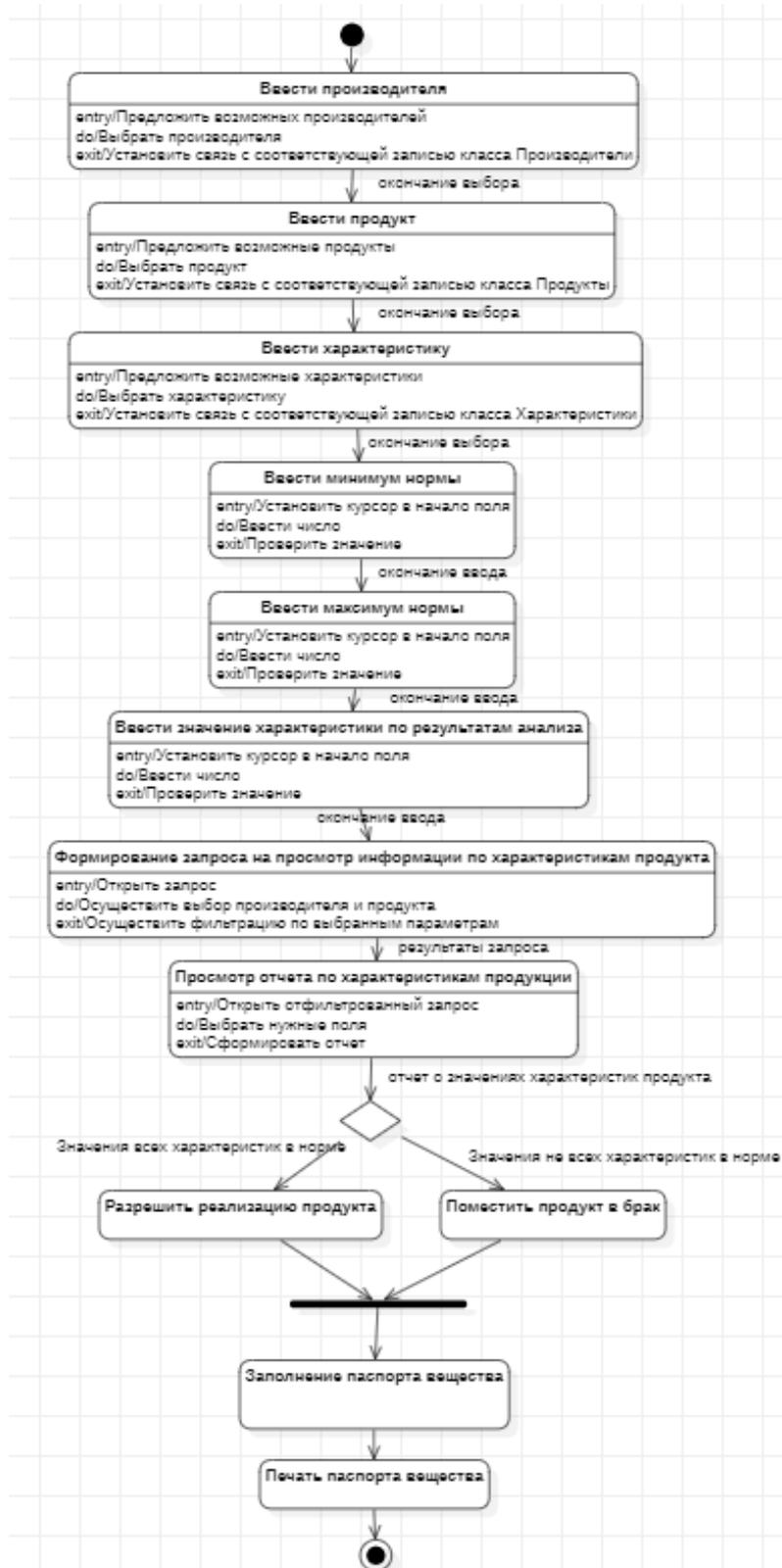


Рис. 4. Диаграмма состояний класса Анализы произведенной продукции «as-is»

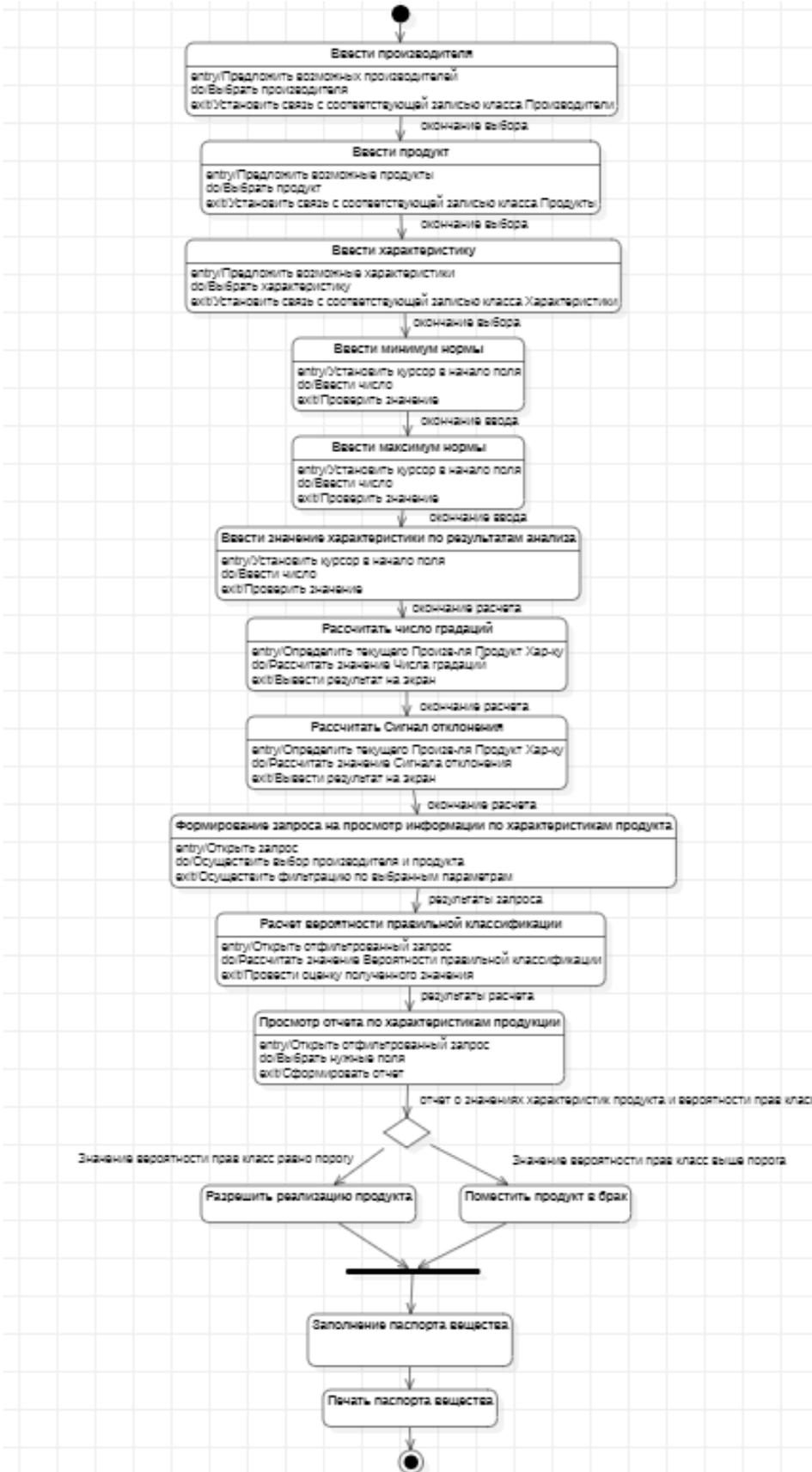


Рис. 5. Диаграмма состояний класса Анализы произведенной продукции «to-be»

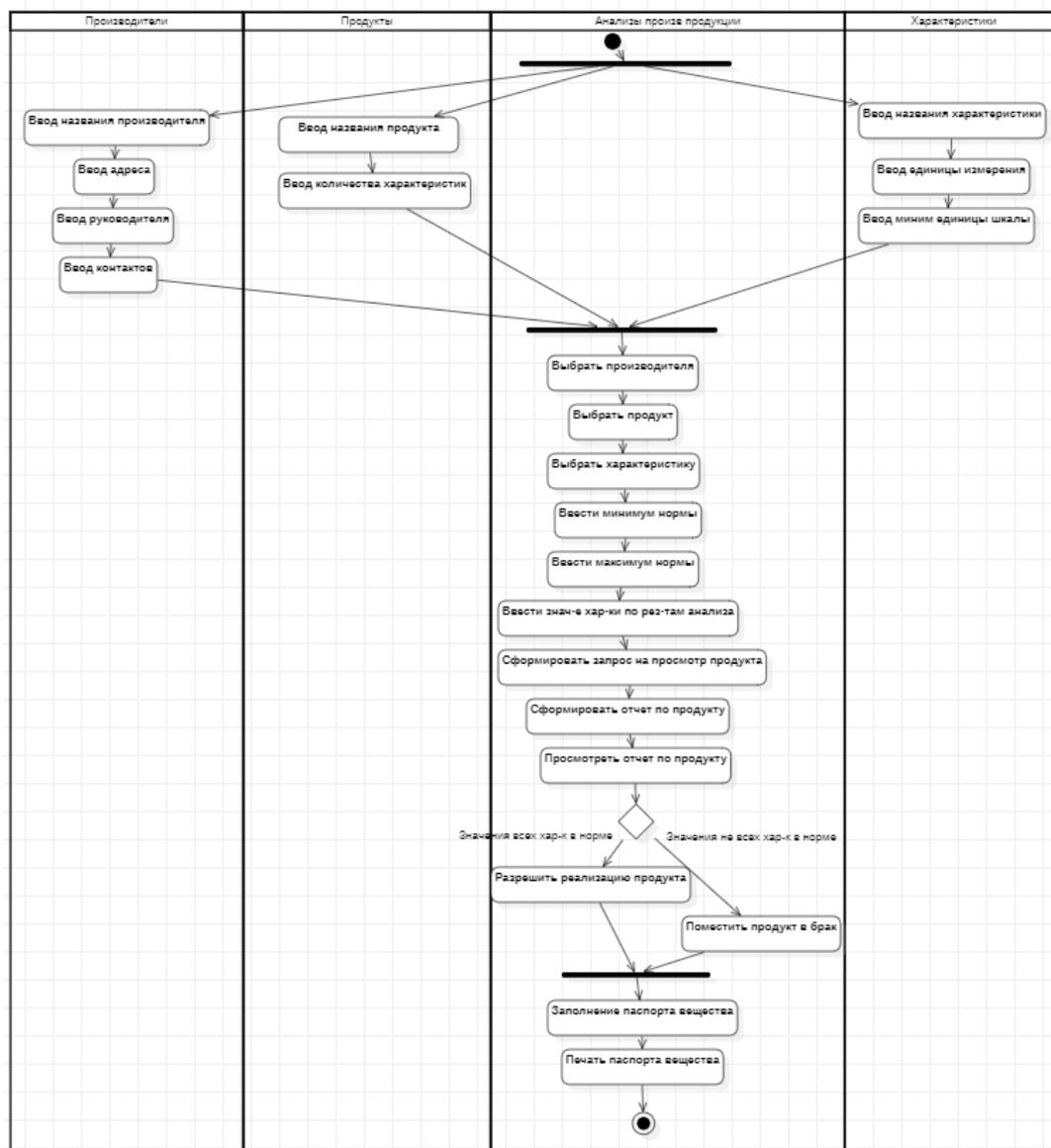


Рис. 6. Диаграмма деятельности «as-is»

С целью организации помощи лицу, принимающему решение о качестве продукта, в разрабатываемую подсистему предлагается ввести алгоритм учета отклонений характеристик исследуемого продукта от нормы. Оценка степени отклонения осуществляется путем расчета градаций по каждой характеристике, вычисления вероятности правильной классификации и сравнения полученного значения с заранее заданным пороговым значением [2].

Представленные ниже диаграммы последовательностей описывают взаимодействия множества моделируемых объектов, включая сообщения, которыми они обмениваются. Диаграммы «as-is» составлены для вариантов использования «Ввод данных о производителях и продукции», «Проведение лабораторного анализа», «Корректировка данных БД на основании анализа», «Анализ информации», «Формирование отчетов».

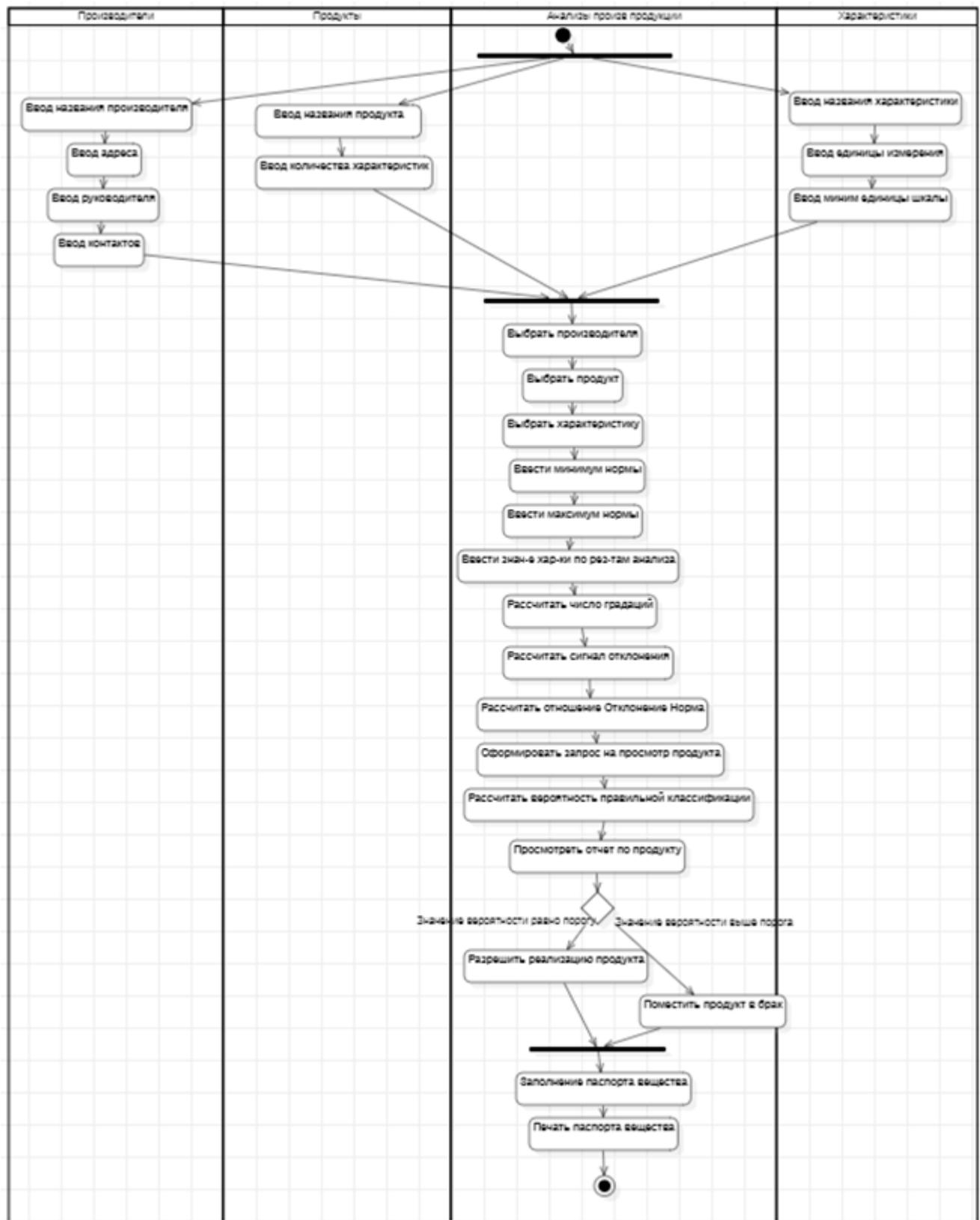


Рис. 7. Диаграмма деятельности «to-be»

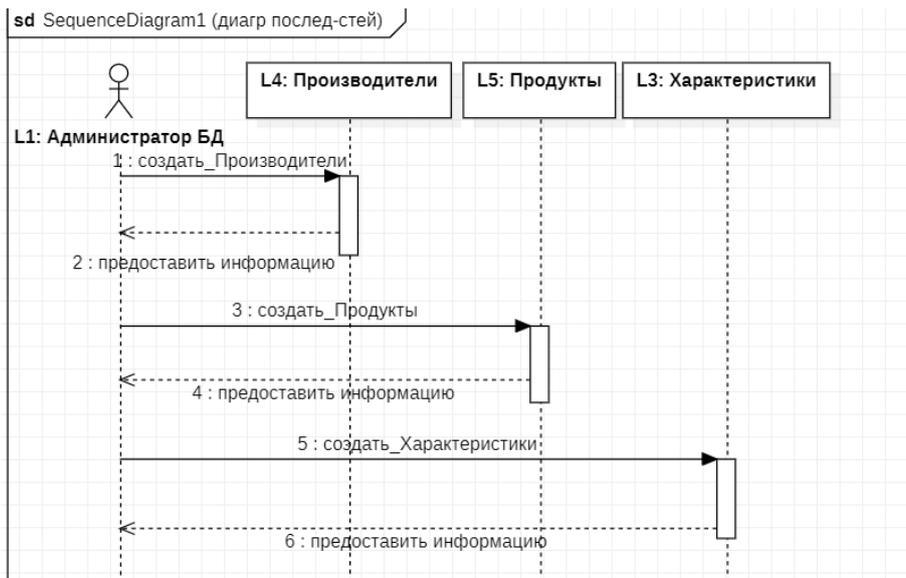


Рис. 8. Диаграмма последовательности для варианта использования «Ввод данных о производителях и продукции» «as-is»



Рис. 9. Диаграмма последовательности для варианта использования «Проведение лабораторного анализа» «as-is»

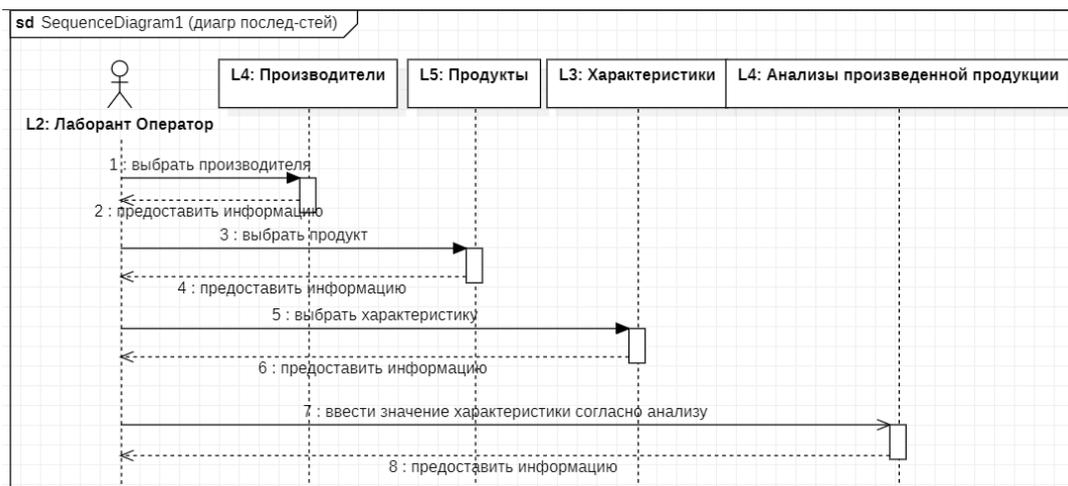


Рис. 10. Диаграмма последовательности для варианта использования «Корректировка данных БД на основании анализа» «as-is»

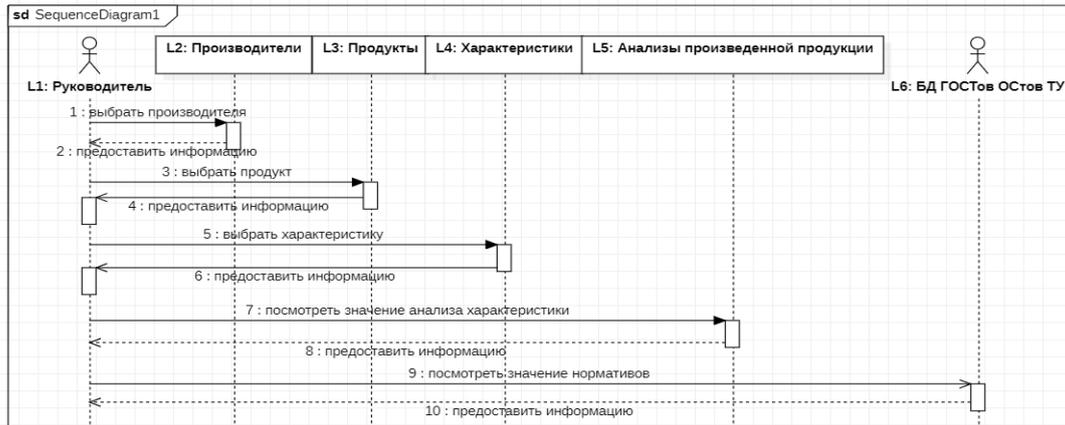


Рис. 11. Диаграмма последовательности для варианта использования «Анализ информации» «as-is»

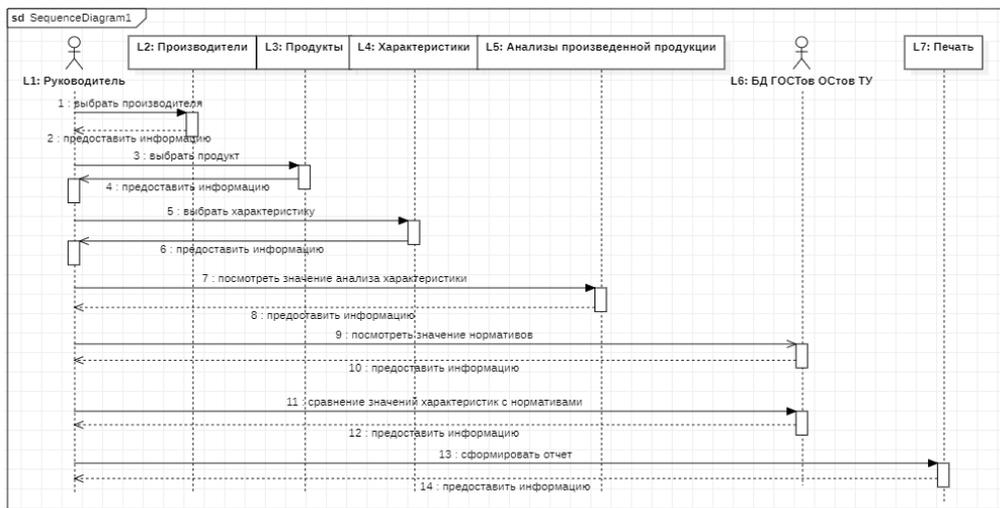


Рис. 12. Диаграмма последовательности для варианта использования «Формирование отчетов» «as-is»

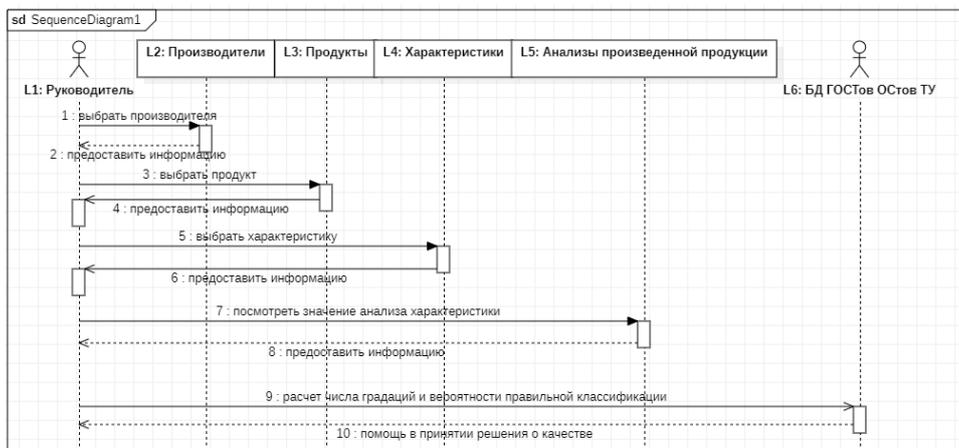


Рис. 13. Диаграмма последовательности для варианта использования «Оценка качества продукции» «to-be»

При реализации модели «to-be» диаграммы рис. 8-12 не изменятся, добавится диаграмма рис. 13.

Таким образом, в данной работе разработаны диаграммы на языке UML. Для каждой из диаграмм построена модель «as-is», отражающая текущие процессы в организации, и модель «to-be», позволяющая осуществить улучшение процесса оценки качества производимой предприятием продукции.

Созданная модель позволяет приступить к разработке программного модуля, реализующего подсистему оценки качества продукции.

Библиографический список

Информация об авторах

Рязанцев Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры графики, конструирования и информационных технологий в промышленном дизайне, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: rsv1978@mail.ru

Хромых Елена Алексеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (394036, Россия, г. Воронеж, пр-т. Революции, 19), e-mail: helen_hrom@mail.ru

Information about the author

Sergey V. Ryazantsev – candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Graphics, Design and Information Technology in Industrial Design, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: rsv1978@mail.ru

Elena A. Hromykh – candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Information Technology, Modeling and Management, Voronezh State University of Engineering Technologies, (19, Revolution Av., Voronezh, 394036, Russia), e-mail: helen_hrom@mail.ru

УДК 338.242.2:004.6

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ ДЛЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

Т.Р. Измайлов¹, Р.С. Зарипова¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия*

Аннотация: В статье проводится сравнительный обзор инструментов бизнес-аналитики, доступных для российского малого бизнеса после ухода с рынка зарубежных лидеров. Анализируются три сегмента: отечественные универсальные платформы, встроенная аналитика в CRM и системы учета, а также инструменты на базе открытых технологий. Рассмотрены ключевые критерии выбора: интеграция с российским программным обеспечением, простота использования и устойчивость решения. Сделан вывод о необходимости отказа от поиска универсальных систем в пользу глубоко интегрированных инструментов, соответствующих используемой цифровой экосистеме предприятия.

Ключевые слова: бизнес-аналитика, малый бизнес, российские IT-решения, DataLens, встроенная аналитика, CRM, цифровая экосистема.

ANALYSIS OF BUSINESS ANALYTICS TOOLS FOR SMALL BUSINESSES

T.R. Izmailov¹, R.S. Zaripova¹

¹ *Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia*

Abstract: The article provides a comparative review of business intelligence tools available to Russian small businesses after leaving the market of foreign leaders. Three segments are analyzed: domestic universal platforms, integrated analytics in CRM and accounting systems, as well as tools based on open technologies. The key selection criteria are considered: integration with Russian software, ease of use and stability of the solution. It is concluded that it is necessary to abandon the search for universal systems in favor of deeply integrated tools corresponding to the used digital ecosystem of the enterprise.

Keywords: business analytics, small business, Russian IT solutions, DataLens, embedded analytics, CRM, digital ecosystem.

В условиях цифровой экономики информация становится ключевым стратегическим активом не только для крупных корпораций, но и для малых предприятий. Долгое время технологии бизнес-аналитики оставались недоступными для предпринимателей из-за высокой стоимости внедрения, сложности систем и необходимости привлечения квалифицированных специалистов [1]. Ситуация начала меняться с появлением облачных сервисов. Однако после 2022 года рынок в России претерпел значительные изменения: международные лидеры отрасли, такие как Microsoft Power BI и Tableau Cloud, прекратили официальное обслуживание и продажи. Это создало вакуум, который был быстро заполнен развитием отечественных решений и переориентацией бизнеса на доступные аналоги. Проведем актуальный сравнительный анализ инструментов, реально доступных для российского малого бизнеса, оценив их возможности, ограничения и перспективы.

Фундаментальным отличием современных систем бизнес-аналитики для малого бизнеса является их ориентация на пользователя без технического образования [2]. Современные платформы, особенно отечественные, построены по принципу самостоятельного обслуживания [3]. Предприниматель или менеджер может самостоятельно, за несколько часов, подключить источники данных и настроить визуальные

отчеты, используя интуитивный интерфейс [4, 5]. Это стало возможным благодаря нескольким тенденциям. Во-первых, развитию соединителей к популярным в России бизнес-сервисам: бухгалтерским программам (1С, «Контур.Эльба»), CRM-системам (amoCRM, Bitrix24), маркетплейсам (Wildberries, Ozon), рекламным кабинетам (Яндекс.Директ, ВКонтакте). Во-вторых, использованию готовых шаблонов информационных панелей, созданных под типовые задачи российской розницы, услуг или производства [6]. В-третьих, модели подписки, которая заменяет крупные капитальные затраты на небольшие регулярные расходы.

Сравнительный анализ текущего рынка позволяет выделить три основных сегмента доступных решений. Первый сегмент – российские аналоги универсальных платформ. Наиболее близким по идеологии к ушедшему Power BI является «Диадок» от «СКБ Контур» (ранее развивался как отдельный BI-продукт) и активно развивающийся DataLens от ЯндексОблака. DataLens предлагает мощный движок для работы с большими данными, гибкий конструктор визуализаций и глубокую интеграцию со всей экосистемой Яндекса. Эти решения подходят для бизнеса, имеющего разнородные данные и потребность в сложной аналитике, однако требуют более высокой технической грамотности пользователя по

сравнению с узкоспециализированными сервисами.

Второй, самый динамичный сегмент – специализированные отраслевые конструкторы аналитики, встроенные в популярные сервисы [7, 8]. Это зачастую самый практичный выбор для малого бизнеса. К ним относятся:

1) аналитические модули в CRM-системах, такие как amoCRM или Bitrix24, которые позволяют строить воронки продаж, анализировать эффективность менеджеров и метрики клиентов без выхода в отдельную систему.

2) BI-инструменты в системах автоматизации торговли, например, в «Моем Складе» или «Эвотор», которые дают готовую аналитику по товарообороту, марже, популярным позициям и среднему чеку.

3) сервисы маркетинговой аналитики, такие как Яндекс.Дзен для бизнеса или «К50», которые фокусируются на консолидации данных с рекламных площадок, сайта и соцсетей для расчета ROI и LTV.

Третий сегмент – инструменты визуализации на базе открытых технологий и локального программного обеспечения. Для технически подкованных предпринимателей, опасющихся зависимостей от SaaS-сервисов, остаются актуальными локальные развертывания open-source решений, таких как Metabase или Redash, которые можно установить на собственный сервер. Кроме того, не теряет актуальности Google Looker Studio (ранее Data Studio), который остается доступным и бесплатным инструментом для визуализации данных из Google-сервисов (Аналитика, Реклама, Таблицы) и многих других источников через стандартные коннекторы.

Ключевыми критериями для выбора оптимального инструмента в текущих

условиях являются независимость от зарубежных вендоров, качество технической поддержки на русском языке, глубина интеграции с уже используемым российским программным обеспечением и стабильность работы [9, 10]. Для большинства малых предприятий логичным и наименее рискованным стартом является максимальное использование встроенной аналитики в основном рабочем инструменте – будь то CRM или система учета [11]. По мере роста можно рассматривать подключение более мощных отечественных облачных платформ, таких как DataLens, которые берут на себя роль единой аналитической шины для данных из разных источников.

Таким образом, уход международных гигантов не остановил, а переформатировал развитие бизнес-аналитики для малого бизнеса в России. На смену универсальным, но внешне зависимым решениям пришла экосистема более узкоспециализированных, но глубоко интегрированных в российский цифровой ландшафт инструментов. Современная задача предпринимателя – не искать глобальный «лучший» продукт, а точно определить, в какой экосистеме он работает, и выбрать тот аналитический модуль, который в нее встроен. В настоящее время путь к управлению на основе данных лежит не через импорт сложных систем, а через грамотное использование уже доступных и адаптированных под местную специфику возможностей.

Библиографический список

1. Рочева, О. А. Подготовка IT специалистов для предприятий малого бизнеса / О. А. Рочева, Р. С. Зарипова // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Сборник научных трудов материалов Девятнадцатой открытой

Всероссийской конференции. – Москва: ООО «1С-Публишинг», 2021. – С. 311-312. – EDN KLZTOQ.

2. Землянсков, А. А. Развитие современных инструментов бизнес-аналитики / А. А. Землянсков // Экономические исследования и разработки. – 2022. – № 8. – С. 53-58. – DOI 10.54092/25420208_2022_8_53. – EDN AQZRLM.

3. Пырнова, О. А. Цифровые двойники в управлении предприятиями и экономикой / О. А. Пырнова, Д. П. Никоноров // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 11, № 5(158). – С. 35-42. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.11.005. – EDN QQVPKD.

4. Юсупова, Р. И. Роль ВІ-систем в бизнесе / Р. И. Юсупова, Р. С. Зарипова // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Материалы международной научно-технической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 432-435. – EDN NGEMAU.

5. Ильина, Д. И. Компоненты цифровых двойников предприятий: информационные системы управления / Д. И. Ильина, Ю. Н. Смирнов, О. Ю. Янова // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 207-210. – EDN BNGKFD.

6. Шошина, Е. А. Интеллектуальный анализ данных и бизнес-аналитика в 2024 году / Е. А. Шошина // Молодой ученый. – 2024. – № 30(529). – С. 33-35. – EDN

JYKSRR.

7. Хабибуллин, И. М. Сравнительный анализ CRM-систем и их влияние на бизнес / И. М. Хабибуллин, Р. С. Зарипова, С. А. Абдулин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 9, № 3(156). – С. 108-114. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.03.09.015. – EDN LOVEMK.

8. Сергеев, И. Д. Разработка CRM-системы для управления малым бизнесом / И. Д. Сергеев, Е. А. Салтанаева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 3(37). – С. 117-121. – EDN AOVJKT.

9. Верпатова, О. Ю. ВІ-система как инструмент работы с неопределенностью в бизнес-аналитике / О. Ю. Верпатова // Образование в XXI веке: сборник научных трудов, посвященный 95-летию со дня рождения профессора Т.П. Долговой. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2025. – С. 38-43. – EDN MHOAFH.

10. Яппаров, Р. Р. Внедрение информационных систем управления как инструмента организационной эффективности предприятий / Р. Р. Яппаров, Р. С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 4(22). – С. 27-29. – EDN TBZNAV.

11. Мубаракзянов, И. Ф. Разработка программного обеспечения управления заявками для предприятий торговой сферы / И. Ф. Мубаракзянов, Т. К. Филимонова, Г. А. Овсеенко // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 11. – С. 447-449. – EDN UPVTZE.

Информация об авторах

Измайлов Тимур Ринатович – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул.

Information about the author

Timur R. Izmailov – student, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia) e-mail:

Красносельская, 51) e-mail: timur.izmailovvv@mail.ru

Зарипова Римма Солтановна – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru.

timur.izmailovvv@mail.ru

Rimma S. Zaripova – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru.

УДК 330.341;332.1

ИНСТРУМЕНТЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В НКО

А.Н. Коломиец¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье изучены современные инструменты и методы разработки информационных систем для автоматизации операционного учета в некоммерческих организациях (НКО). В ней рассмотрены основные типы решений: low-code платформы (платформы с низким кодированием), облачные CRM-системы, open-source software (открытое программное обеспечение) и индивидуальная разработка. На основе маркетинговых исследований приведен обзор российского рынка, показаны доли использования и основные тенденции. Практическая часть содержит сравнение инструментов по стоимости, срокам и гибкости, а также рекомендации по выбору подходящего варианта в зависимости от размера и задач НКО. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода к цифровизации, который сочетает технологическую эффективность с учетом социальной миссии организации.

Ключевые слова: информационные системы, некоммерческие организации, операционный учет, инструменты разработки, автоматизация, цифровая трансформация.

TOOLS FOR DEVELOPING INFORMATION SYSTEMS IN NPOS

A.N. Kolomiets¹, E.A. Saltanaeva¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article examines modern tools and methods for developing information systems to automate operational accounting in non-profit organizations (NPOs). It reviews the main types of solutions: low-code platforms, cloud-based CRM systems, open-source software, and custom development. Based on market research, an overview of the Russian market is provided, showing adoption rates and key trends. The practical section includes a comparison of the tools based on cost, implementation time, and flexibility, as well as recommendations for selecting the appropriate option depending on the size and objectives of the NPO. The conclusion emphasizes the need for a holistic approach to digitalization, one that combines technological efficiency with consideration for the organization's social mission.

Keywords: information systems, non-profit organizations, operational accounting, development tools, automation, digital transformation.

Современные некоммерческие организации (НКО) работают в условиях, которые становятся всё сложнее и требуют от них повышенной прозрачности. В их повседневной деятельности приходится управлять проектами, взаимодействовать с донорами и получателями помощи, учитывать работу волонтеров, контролировать финансы и сдавать отчеты регулирующим органам. Эти процессы образуют большое число оперативных задач, которые трудно

решать без специализированных информационных систем (ИС). Однако, в отличие от коммерческих компаний, НКО располагают ограниченными ресурсами - как денежными, так и человеческими. Это делает выбор подходящих средств для создания или внедрения ИС ключевым вопросом [1]. Актуальность данной работы заключается в необходимости перечислить и структурировать доступные на рынке решения, а также подготовить практические советы

для НКО, стремящихся к автоматизации операционного учёта. Цель исследования - сопоставить инструменты создания ИС для НКО и измерить их полезность при решении задач оперативного управления. Основными заданиями поставлены: распределить имеющиеся средства по категориям, проанализировать рыночные тенденции, выявить сильные и слабые стороны каждого подхода, а также составить перечень критериев для выбора.

Сейчас существует четыре основных способа построить информационную систему для некоммерческой организации; каждый способ опирается на свой тип программных инструментов.

1. Платформы Low-code/No-code. Площадки Tilda, AppMaster, Creatio позволяют собрать приложение без большого объёма ручного кодирования: интерфейс строится в визуальном редакторе, логика задаётся конструктором. Такой подход ускоряет прототипирование и закрывает стандартные задачи НКО: формирование базы контактов, приём заявок, печать простых отчётов. Главное достоинство - участие в разработке сотрудников без IT-специализации, так называемых цифровых волонтеров. Внедрение Low-code даёт заметный эффект в течение короткого срока [2].

2. Облачные CRM и ERP. Готовые продукты Bitrix24, amoCRM и специализированный пакет SalesforceNonprofitSuccessPack (NPSP) поставляют широкий набор функций «из коробки» для управления контактами, проектами и ресурсами. Программы работают по модели SaaS: оплата идёт ежемесячной подпиской, старт происходит за день, обновления приходят автоматически, доступ открыт с любого устройства. По данным рынка, наибольшее число

CRM-внедрений приходится на торговлю, финансовые услуги и сферу информационных технологий [3].

3. Программное обеспечение с открытым исходным кодом. Продукты Odoo, CivicCRM или ERPNext дают НКО бесплатный доступ к исходникам, позволяя переделывать систему под собственные процессы. Установка таких продуктов требует IT-специалистов или поддержки технического сообщества. Открытое ПО сталкивается с проблемами безопасности, юридического регулирования, социальной ответственности и этических вопросов [4].

4. Разработка на заказ с нуля. Самый гибкий и дорогой вариант: систему создаёт внутренняя IT-команда или внешний подрядчик. Этот путь используют, когда стандартные решения не удовлетворяют специфические требования: интеграция с государственными информационными системами или особые стандарты безопасности.

Потенциальный результат от внедрения ИС измеряют упрощённой формулой интегральной эффективности (1):

$$E = \frac{Sa - (Ci + Cm)}{Tp} * Ks. \quad (1)$$

где:

- E – интегральная эффективность внедрения;
- Sa – ежегодная экономия за счет автоматизации (руб.);
- Ci – единовременные затраты на внедрение (руб.);
- Cm – ежегодные затраты на поддержку и обновления (руб.);
- Tp – расчетный период окупаемости (лет);
- Ks – коэффициент социального эффекта ($0.8 \leq Ks \leq 1.5$), учитывающий нефинансовые выгоды (повышение прозрачности, скорости оказания помощи,

удовлетворенности доноров).

Таблица 1 Доля использования инструментов автоматизации в российских НКО (опрос 2024 г., n=320 организаций)

Категория инструментов	Доля использования, %	Основные причины выбора (ТОП-3)
Облачные CRM-системы	42%	1. Низкий порог входа (аренда). 2. Простота освоения сотрудниками. 3. Готовые интеграции (почта, телефония).
Low-code/No-code платформы	28%	1. Возможность создать решение «под себя». 2. Скорость разработки. 3. Относительно низкая стоимость.
Open-source решения	18%	1. Нулевая стоимость лицензии. 2. Независимость от вендора. 3. Возможность глубокой доработки.
Заказные/кастомные разработки	12%	1. Уникальность процессов. 2. Требования к безопасности данных. 3. Необходимость сложной интеграции.

Таблица 2 Сравнительный анализ инструментов разработки ИС для НКО

Критерий	Low-code/No-code	Облачные CRM	Open-source	Заказная разработка
Средняя стоимость внедрения, тыс. руб.	50 - 300	30 - 100 (годовая подписка)	100 - 500 (за кастомизацию)	500 - 3000+
Типичные сроки внедрения	2 - 6 недель	1 - 4 недели	1 - 4 месяца	3 - 12 месяцев
Гибкость/Кастомизация	Ограниченная (рамками платформы)	Умеренная (настройка полей, процессов)	Высокая (полный доступ к коду)	Максимальная
Требования к ИТ-персоналу	Минимальные	Минимальные	Высокие (админ, разработчик)	Высокие (команда разработки)
Затраты на поддержку	Низкие (включены в тариф)	Низкие/умеренные (подписка)	Высокие (требуются свои силы или подрядчик)	Высокие
Основной риск	Выход за рамки возможностей платформы	Рост стоимости при масштабировании, зависимость от вендора	Сложность поддержки, необходимость собственных экспертов	Бюджетные и временные перерасходы

Согласно статистическому сборнику «Цифровая экономика: 2024», в 2024 году 67% российских НКО вели операционный учёт с помощью специализированного ПО. В 2021 году таких организаций было 48%. В таблице 1 показано, какие категории IT-решений используют организации.

Некоммерческой организации следует принять во внимание не только степень распространённости, но и конкретные расходы, а также показатели работы каждого способа. Обобщённое сопоставление приведено в Таблице 2.

Анализ показал точные результаты. Рынок программ для НКО стремится к упрощению: облачные CRM и low-code платформы занимают 70 % сбыта. Сектору нужны решения, которые быстро внедряются и требуют минимального обслуживания [4].

Выбор платформы зависит от жизненного этапа организации. Стартапы и малые НКО начинают с облачной CRM, чтобы налаживать базовый учёт. Когда операции увеличиваются, они подключают low-code модули или переходят на open-source для большей автономии [5].

Главный барьер для open-source и индивидуальных проектов - не только цена, но и нехватка IT-специалистов в некоммерческом секторе. Партнерства с компаниями на безвозмездной основе или привлечение технических волонтеров устраняют этот дефицит [5].

Нет единого «лучшего» инструмента. Чтобы автоматизировать операционный учет в НКО, нужен комплексный подход. Он включает четыре этапа. Первый - аудит внутренних процессов. Второй - оценка ресурсов: бюджета, персонала и времени. Третий - пилотное тестирование

выбранного решения на одном процессе. Четвертый - поэтапное планирование внедрения.

Часто оптимальной становится гибридная стратегия. Она сочетает готовые облачные сервисы для стандартных задач и low-code-разработку для уникальных операций. Такой подход сбалансирован скоростью, стоимостью и гибкостью.

Библиографический список

1. Вишнева К. В. Цифровая трансформация некоммерческих организаций: проблемы и направления развития // МНИЖ. 2021. №4-3 (106). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-nekommercheskih-organizatsiy-problemy-i-napravleniya-razvitiya> (дата обращения: 02.02.2026).

2. В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневецкий, Л. М. Гохберг и др. Цифровая экономика: 2024: краткий статистический сборник // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024.

3. Никулина С.М., Антонова А.А, Иваев М.И. Особенности применения технологии low-code в корпоративных информационных системах // Индустриальная экономика. 2023. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-primeneniya-tehnologii-low-code-v-korporativnyh-informatsionnyh-sistemah> (дата обращения: 03.02.2026).

4. Мешков А.В., Евдокимова Н.А., Калимуллина О.В., Гурьева Т.В. Отраслевой анализ рынка crm-систем: вызовы и перспективы // КЭ. 2022. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otraslevoy-analiz-rynka-crm-sistem-vyzovy-i-perspektivy> (дата обращения: 03.02.2026).

5. Набиев Н. Ф., Шакирзянова А. А. Современные проблемы и вызовы в мире Open Source// Вестник науки. 2024. №11 (80). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-problemy-i-vyzovy-v-mire-open-source> (дата обращения: 03.02.2026)

Информация об авторах

Коломиец Андрей Николаевич – студент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань ул. Красносельская, 51), e-mail: perrsonage@gmail.com.

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru.

Information about the author

Andrey N. Kolomiets – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: perrsonage@gmail.com.

Elena A. Saltanaeva – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: elena_maister@mail.ru.

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЁТНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАГАЗИНЕ МЕБЕЛЬНОЙ ФУРНИТУРЫ

С.С. Лепешкин ¹, А.И. Хабибрахманова ¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: статья посвящена проектированию и разработке адаптированной информационной системы (ИС), позволяющей автоматизировать ключевые бизнес-процессы: ведение специфического товарного каталога, управление закупками у множества поставщиков, учёт остатков, оформление продаж и формирование аналитических отчётов.

Ключевые слова: информационная система, автоматизация торговли, учёт товаров, скобяные изделия, Django, PostgreSQL, малый бизнес, управление запасами.

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATING ACCOUNTING PROCESSES IN A FURNITURE FITTINGS STORE

S.S. Lepeshkin ¹, A.I. Khabibrakhmanova ¹

¹ Kazan State Power Engineering University

Abstract: This article focuses on the design and development of an adapted information system (IS) that allows for the automation of key business processes, including the management of a specific product catalog, the procurement of multiple suppliers, the accounting of inventory, the processing of sales, and the generation of analytical reports.

Keywords: information system, trade automation, product accounting, hardware, Django, PostgreSQL, small business, inventory management.

Современный этап развития розничной торговли характеризуется активным проникновением цифровых технологий во все сферы коммерческой деятельности. Крупные торговые сети давно используют мощные ERP-системы, однако сегмент

малого бизнеса, особенно в узкоспециализированных нишах, часто остаётся вне поля зрения разработчиков тиражного программного обеспечения. Магазины, торгующие дверными замками, ручками, петлями, сейфами и сопутствующей

фурнитурой, сталкиваются с рядом специфических проблем: широкий и разнородный ассортимент, множество поставщиков, необходимость учёта большого количества технических характеристик каждого изделия, сезонность спроса, высокая конкуренция.

В этих условиях использование традиционных методов учёта, таких как бумажные журналы или электронные таблицы Excel, приводит к возникновению ошибок при оприходовании и списании товара, невозможности оперативно оценить остатки, трудностям при проведении инвентаризации и анализе продаж. Коммерческие решения класса «1С:Розница» обладают избыточным функционалом, требуют значительных финансовых вложений на лицензирование и сопровождение, а также зачастую сложны в освоении персоналом. Как отмечают исследователи [2], именно для малых розничных предприятий особенно актуальна разработка лёгких, адаптируемых информационных систем, учитывающих отраслевую специфику.

Таким образом, разработка специализированной, доступной по стоимости и простой в использовании информационной системы, ориентированной именно на специфику магазина фурнитуры, является актуальной научно-практической задачей. Целью данной работы является создание веб-ориентированной информационной системы для автоматизации ключевых учётных процессов магазина мебельной фурнитуры. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ предметной области и выявить основные бизнес-процессы, подлежащие автоматизации; спроектировать структуру базы данных, отражающую специфику товарного каталога; выбрать

технологический стек и обосновать его применимость; разработать функциональные модули системы; оценить эффективность предложенного решения.

Объектом исследования выступают бизнес-процессы учёта товаров и продаж в магазине специализированной фурнитуры. Предметом исследования являются методы и средства проектирования и разработки информационных систем для автоматизации малых торговых предприятий. Теоретической базой работы послужили научные публикации в области автоматизации торговой деятельности, объектно-ориентированного анализа и проектирования, а также официальная документация используемых программных средств [3, 4].

Магазин мебельной фурнитуры является типичным представителем малого розничного предприятия с ассортиментом более пятисот наименований. Товарная номенклатура включает несколько крупных категорий: замки врезные и накладные, замки для сейфов и мебели, дверные ручки, петли, доводчики, цилиндрические механизмы, комплектующие и аксессуары. Каждая товарная позиция описывается набором атрибутов: производитель, страна производства, артикул, материал, цветовое решение, размеры, класс взломостойкости, наличие защитных покрытий. Особенностью учёта является необходимость отслеживания серийных номеров для некоторых групп товаров, а также контроль сроков гарантийного обслуживания.

Магазин работает более чем с десятью поставщиками, условия поставок и цены у каждого различаются. Закупка товара осуществляется на основании анализа текущих остатков и прогнозируемого спроса. Продажи ведутся как физическим лицам в розницу, так и мелкооптовым покупателям. До

внедрения разрабатываемой системы учёт в магазине вёлся децентрализованно: остатки фиксировались в таблицах Excel, продажи оформлялись вручную с выпиской бумажного чека, а поиск информации о наличии товара занимал значительное время.

Проведённое обследование позволило выделить перечень функций, которые должна выполнять будущая система. В части учёта товаров необходима возможность ведения единого каталога с полным описанием характеристик, хранения изображений изделий, группировки по категориям и производителям. В области управления запасами требуются функции регистрации поступления товара от поставщика, автоматического списания остатков при продаже, проведения инвентаризации, получения информации о текущем количестве товаров на складе. При оформлении продаж система должна обеспечивать быстрый поиск товара по наименованию или артикулу, расчёт общей стоимости чека с учётом возможных скидок, фиксацию времени и даты сделки. Отчётный модуль должен позволять владельцу получать сведения о продажах за произвольный период, рейтинге товаров, остатках ниже минимального уровня, задолженности перед поставщиками.

На этапе проектирования были построены диаграммы на языке UML. Диаграмма вариантов использования позволила выделить двух действующих лиц: администратор, обладающий полными правами на ведение справочников и просмотр отчётов, и кассир, выполняющий операции по оформлению продаж и возвратов. Основными прецедентами стали «Авторизация в системе», «Добавление нового товара», «Редактирование карточки товара», «Приёмка товара от поставщика»,

«Оформление продажи», «Просмотр отчёта по остаткам», «Формирование заказа поставщику».

Диаграмма классов определила структуру будущей базы данных. Центральной сущностью является класс «Product» (Товар), содержащий атрибуты: наименование, артикул, штрихкод, описание, цена закупки, цена розничная, категория, производитель, материал, цвет, вес, срок гарантии, URL изображения. Класс «Supplier» описывает поставщика: наименование, ИНН, контактное лицо, телефон, адрес электронной почты. Класс «Stock» отражает текущее количество товаров на складе и связан с товаром отношением «один к одному». Класс «PurchaseOrder» служит для учёта поступлений товара, содержит дату поставки, ссылку на поставщика и список позиций с количеством. Класс «Sale» фиксирует продажу: дата и время, общая сумма, перечень проданных товаров с ценами и количеством. Также был выделен класс «User» для хранения учётных записей сотрудников и разграничения прав доступа. Предложенная модель данных соответствует принципам нормализации, подробно описанным в работе [1, p. 87–105].

При выборе стека технологий учитывались требования доступности, кроссплатформенности, простоты развёртывания и последующего сопровождения. Наиболее соответствующим этим критериям был признан фреймворк Django, написанный на языке Python. Django предоставляет встроенную административную панель, что значительно ускоряет разработку типовых функций по ведению справочников. Кроме того, Django использует архитектурный шаблон Model-View-Template, который обеспечивает чёткое разделение логики, данных и представления.

Методологические основы построения современных веб-приложений на базе Django и аналогичных фреймворков детально рассмотрены в исследовании [3].

В качестве системы управления базами данных выбрана PostgreSQL, поддерживающая сложные типы данных, транзакции и обладающая высокой производительностью. Для создания пользовательского интерфейса использовались HTML5, CSS3 с фреймворком Bootstrap для адаптивной вёрстки, а также JavaScript для реализации асинхронных запросов при поиске товаров. Разработка велась в среде Visual Studio Code, контроль версий осуществлялся с помощью Git. Серверная часть развёрнута на операционной системе Ubuntu.

Проектирование базы данных выполнено в среде pgAdmin. Была создана реляционная схема, соответствующая разработанной диаграмме классов. Все таблицы приведены к третьей нормальной форме, что исключает избыточность данных и аномалии при обновлении. Ключевые связи реализованы с использованием внешних ключей. Для ускорения поиска на наиболее часто запрашиваемые поля наложены индексы. Подходы к масштабированию и оптимизации подобных схем подробно изложены в источнике [1].

Реализация модуля каталога товаров началась с создания модели Product в файле models.py приложения Django. Для удобства работы с категориями была создана отдельная модель Category, позволяющая строить иерархические вложенные списки товаров. Форма добавления и редактирования товара включала поля для ввода всех выявленных на этапе анализа характеристик, а также виджет для загрузки изображения. Представления, отвечающие за отображение списка товаров и детальной

карточки, связаны с соответствующими шаблонами. Для кассира был реализован быстрый поиск товаров по мере ввода запроса в строку поиска, результаты выдаются мгновенно без перезагрузки страницы.

Модуль складского учёта построен на основе модели Stock, которая хранит актуальное количество товаров. Каждая операция приёма товара, зафиксированная в модели PurchaseOrder, приводит к увеличению соответствующего остатка. Оформление продажи через форму создания чека, наоборот, уменьшает количество товара. Механизм транзакций базы данных гарантирует, что в случае возникновения ошибки при оформлении продажи количество товара не будет списано ошибочно. Важной функцией стало отображение предупреждения при попытке продать товар, отсутствующий на складе в нужном количестве.

Модуль продаж реализован в виде пошаговой формы. Кассир выбирает товары из каталога или добавляет их через поиск, указывает количество. Система автоматически рассчитывает промежуточную и итоговую стоимость, отображает состав чека. После подтверждения продажи формируется запись в таблице Sale, а остатки списываются. В административной части системы, сгенерированной автоматически средствами Django, администратор имеет полный доступ ко всем справочникам и документам, может просматривать и при необходимости корректировать данные. Вопросы надёжности и корректности работы подобных транзакционных систем поднимаются в работе [4], где авторы предлагают методы автоматизированного тестирования для подобных сценариев.

В результате выполнения работы было разработано функционирующее веб-

приложение, развёрнутое на локальном сервере в тестовой среде магазина мебельной фурнитуры. Интерфейс системы интуитивно понятен, не требует длительного обучения персонала. Основная страница содержит навигационную панель со ссылками на разделы «Товары», «Поставщики», «Продажи», «Отчёты» и «Администрирование». Страница со списком товаров выводит информацию в табличном виде с возможностью сортировки по любому столбцу. Карточка товара отображает полные характеристики и фотографию, а также текущий остаток.

Форма оформления продажи выполнена в виде конструктора чека: добавление товаров происходит через поисковую строку с автодополнением, количество можно изменить непосредственно в строках чека. После нажатия кнопки «Оформить продажу» система формирует электронный чек, который может быть распечатан или сохранён в PDF.

Отчёты генерируются в виде таблиц и диаграмм. Например, отчёт по остаткам позволяет быстро выявить товары, количество которых приближается к критическому минимуму, и сформировать на их основе заявку поставщику. Отчёт по продажам даёт возможность проанализировать динамику выручки по дням недели, оценить вклад каждой категории товаров в общий оборот, выявить наиболее востребованные позиции. Подобные аналитические функции, как указывается в исследовании [2], являются критически важными для повышения эффективности малых торговых предприятий.

Проведённое тестирование подтвердило корректность работы всех реализованных функций. Время поиска товара по базе из пятисот записей не превышает одной

секунды. Оформление одной продажи при наличии трёх-четырёх позиций в чеке занимает не более минуты, что значительно быстрее, чем поиск бумажных носителей и ручное заполнение документов.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения системы складывается из нескольких составляющих. Во-первых, снижаются потери от ошибок учёта, связанных с человеческим фактором, что позволяет сохранить до пяти процентов товарооборота. Во-вторых, сокращается время обслуживания одного покупателя, что увеличивает пропускную способность магазина. В-третьих, наличие достоверной информации о продажах и остатках позволяет оптимизировать закупки, избегая как дефицита популярных товаров, так и затоваривания склада неликвидами.

Сравнение разработанной системы с альтернативными вариантами автоматизации показывает её конкурентоспособность. Учёт в электронных таблицах не требует затрат, но крайне ненадёжен, не позволяет работать нескольким сотрудникам одновременно и не даёт никаких аналитических инструментов. Готовые коробочные решения от компании 1С стоят от тридцати тысяч рублей только за лицензию, требуют ежегодной оплаты сопровождения и часто содержат избыточный для малого магазина функционал. Разработанное же приложение, во-первых, полностью адаптировано под специфику торговли фурнитурой, во-вторых, его внедрение не требует значительных финансовых вложений, в-третьих, система может быть доработана под изменяющиеся потребности бизнеса силами самого разработчика или штатного программиста.

В ходе выполнения исследования была достигнута поставленная цель:

разработана и внедрена в тестовую эксплуатацию информационная система для автоматизации учётных процессов магазина мебельной фурнитуры. Решены все сформулированные задачи: проведён анализ предметной области, выявлены требования пользователей, спроектирована база данных с учётом современных подходов к моделированию [1], обоснован выбор технологий [3] и создано работоспособное веб-приложение, надёжность которого подтверждена в ходе тестирования [4].

Система успешно автоматизирует ведение каталога товаров со специфическими атрибутами, учёт движения товаров на складе, оформление розничных продаж и формирование аналитической отчётности, необходимость которой обоснована в современных исследованиях по автоматизации ритейла [2].

Практическая значимость работы заключается в создании доступного инструмента для повышения эффективности управления малым торговым предприятием. Разработанная информационная система не является узконаправленной и после незначительной адаптации может быть тиражирована на другие магазины, торгующие строительными материалами, инструментами, сантехникой и аналогичными группами товаров.

Дальнейшее развитие проекта видится в нескольких направлениях. Перспективным является создание публичной части веб-приложения – интернет-магазина, интегрированного с учётной системой, что позволит клиентам самостоятельно знакомиться с ассортиментом и бронировать товары. Также актуальна интеграция с сервисами доставки и платёжными агрегаторами. Ещё одним направлением может стать

внедрение штрихкодирования и использование терминалов сбора данных для ускорения инвентаризации.

Таким образом, предложенное решение закладывает основу для дальнейшей цифровизации бизнес-процессов магазина и повышения его конкурентоспособности на рынке.

Библиографический список

1. Tezuysal A., Ahmed I. Database Design and Modeling with PostgreSQL and MySQL: Build Efficient and Scalable Databases for Modern Applications Using Open Source Databases. 1st ed. Birmingham: Packt Publishing, 2024. 222 p. ISBN 978-1-80324-096-1.

2. Новикова А.С., Ромашкова О.Н. Интеграция нейросетей в информационные системы розничных торговых сетей: прогнозирование и управление распределением ресурсов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2024. № 01/2. С. 49–52. DOI 10.37882/2223-2966.2024.1-2.12. EDN: <https://elibrary.ru/BSDLKF>.

3. Егоркин Е.С. Методологические основы интеграции стеков Django REST и React при разработке цифровых систем рекрутинга // Молодой ученый. 2025. № 20 (571). С. 22–24. URL: <https://moluch.ru/archive/571/125466/> (дата обращения: 12.02.2026).

4. Мумтаз А., Хайдер А., Харун М., Ахмед А. Разработка приложений с использованием Agile и фреймворка Django-React: пример автоматизированного тестирования надежности системы продажи автобусных билетов // Известия ТПУ. Промышленная кибернетика. 2025. Т. 3, № 3. DOI 10.18799/29495407/2025/3/93.

Информация об авторах

Лепешкин Станислав Сергеевич – студент Казанского государственного энергетического университета (Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51, корп. В), e-mail: stas_lepeshkin@mail.ru, тел.: 7-908-302-96-80

Хабибрахманова Алсу Ильгамовна – канд. техн. наук, доцент Казанского государственного энергетического университета (Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51, корп. В), e-mail: alsu_khisa@mail.ru, тел.: 7-843-519-43-27

Information about the author

Stanislav Sergeevich Lepeshkin – student at Kazan State Energy University (51 Krasnoselskaya str., Building B, Kazan, Russia), e-mail: stas_lepeshkin@mail.ru, ph.: 7-908-302-96-80

Habibrakhmanova Alsu Ilgamovna – candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Power Engineering University (Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51, building. B), e-mail: alsu_khisa@mail.ru, ph.: 7-843-519-43-27

УДК 004.89

**РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ОТТОКА КЛИЕНТОВ В СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ****Р.И. Гайфутдинов¹, Е.А. Салтанаева¹**¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: Представлены разработка и прототипирование информационно-аналитической системы прогнозирования оттока клиентов страховой компании. Проведен анализ текущего состояния бизнес-процесса удержания клиентов. Предложена оптимизированная модель процесса, включающая модуль интеллектуального анализа данных на основе градиентного бустинга. Выполнена программная реализация алгоритма, проведена оценка модели на открытом датасете. Разработан прототип пользовательского интерфейса в виде дашборда.

Ключевые слова: бизнес-аналитика, машинное обучение, отток клиентов, страховой бизнес, оптимизация бизнес-процессов, градиентный бустинг, CatBoost, прототипирование.

**DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT CLIENT CHURN PREDICTING
SYSTEM IN AN INSURANCE COMPANY USING MACHINE LEARNING****R.I. Gaifutdinov¹, E.A. Saltanaeva¹**¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article is devoted to the development and prototyping of an information-analytical system for predicting customer churn in an insurance company. The current state of the customer retention business process is analyzed, bottlenecks are identified. An optimized process model is proposed, including an intelligent data analysis module based on gradient boosting. Software implementation of the algorithm is carried out; the model quality is evaluated on an open dataset. A prototype user interface in the form of a dashboard is developed.

Keywords: business analytics, machine learning, customer churn, insurance business, business process optimization, gradient boosting, CatBoost, prototyping.

В условиях высокой конкуренции на рынке страховых услуг ключевым фактором успеха становится не только привлечение новых клиентов, но и удержание существующих. Согласно исследованиям, стоимость привлечения нового клиента в 5–10 раз превышает затраты на удержание текущего [1]. При этом традиционные подходы

к работе с клиентской базой, основанные на реактивном реагировании (звонок после расторжения договора), не позволяют предотвратить отток.

Современные информационные технологии, в частности методы машинного обучения и интеллектуального анализа данных, открывают возможности для

проактивного управления клиентским опытом [2]. Однако на сегодняшний день наблюдается разрыв между наличием развитых алгоритмических методов и их практической интеграцией в бизнес-процессы страховых компаний.

Целью настоящей работы является разработка законченного проектного решения, включающего:

1. Анализ и оптимизацию бизнес-процесса удержания клиентов.
2. Создание алгоритма

прогнозирования оттока на основе методов машинного обучения.

3. Реализацию программного прототипа информационной системы.

4. Оценку экономической эффективности внедрения.

В ходе исследования был проведен анализ бизнес-процесса работы с клиентами в типовой страховой компании [3]. На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма процесса в нотации IDEF0.

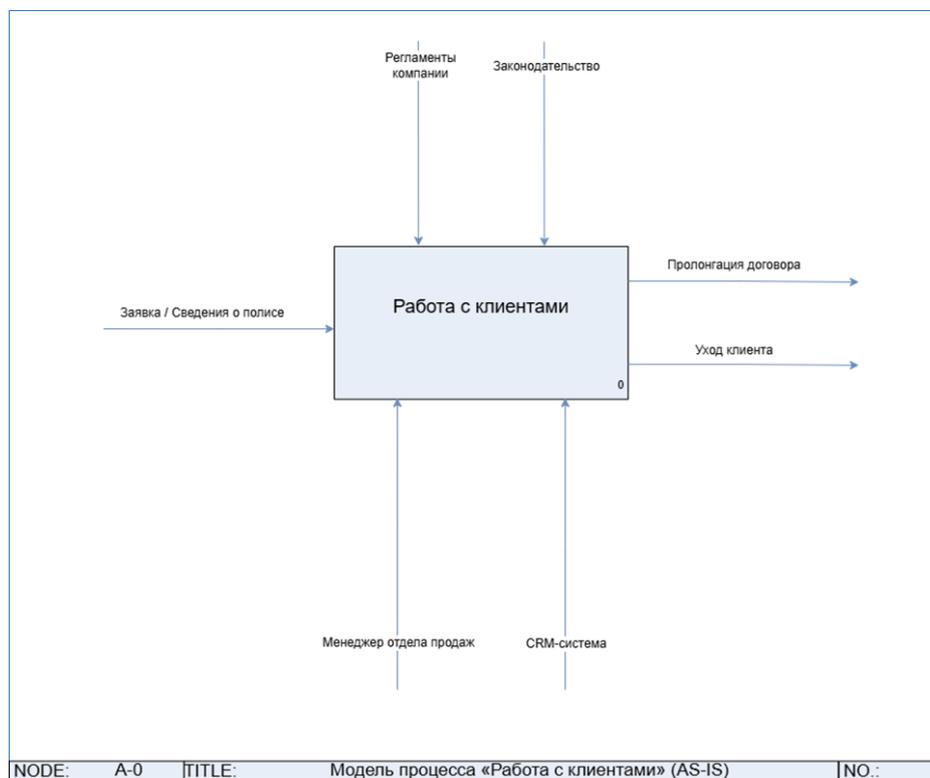


Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса «Работа с клиентами» (AS-IS)

Входными данными процесса являются заявка на страхование или событие окончания срока действия полиса. Управление осуществляется на основе регламентов компании и федерального законодательства. Механизмом выступает менеджер отдела продаж. Выходы процесса – пролонгация договора либо уход клиента.

Выявленные недостатки текущего

процесса:

1. Реактивный характер: работа начинается после получения заявления о расторжении.
2. Отсутствие инструментов прогнозной аналитики.
3. Высокая нагрузка на менеджеров, работающих «вслепую».
4. Невозможность персонализировать

предложение на раннем этапе.

Для устранения выявленных недостатков предложена оптимизированная модель бизнес-процесса (рис. 2), ключевым отличием которой является внедрение модуля интеллектуального прогнозирования оттока.

На этапе, когда до окончания договора остается 30 дней, автоматически запускается процедура скоринга клиента. На основе исторических данных формируется рейтинг вероятности оттока. Клиенты, попавшие в группу высокого риска, получают персональные предложения. Менеджер взаимодействует только с целевой аудиторией,

что повышает эффективность работы.

В качестве эмпирической базы исследования использован открытый набор данных «Customer Churn dataset for Life Insurance Industry» [4]. Датасет содержит 200 000 записей о клиентах компаний по страхованию жизни и включает признаки:

1. Причина обращения (Claim Reason).
2. Уровень конфиденциальности данных (Data confidentiality).
3. Индекс массы тела (BMI).
4. Финансовые показатели (Claim Amount, Category Premium, Premium/Amount Ratio).

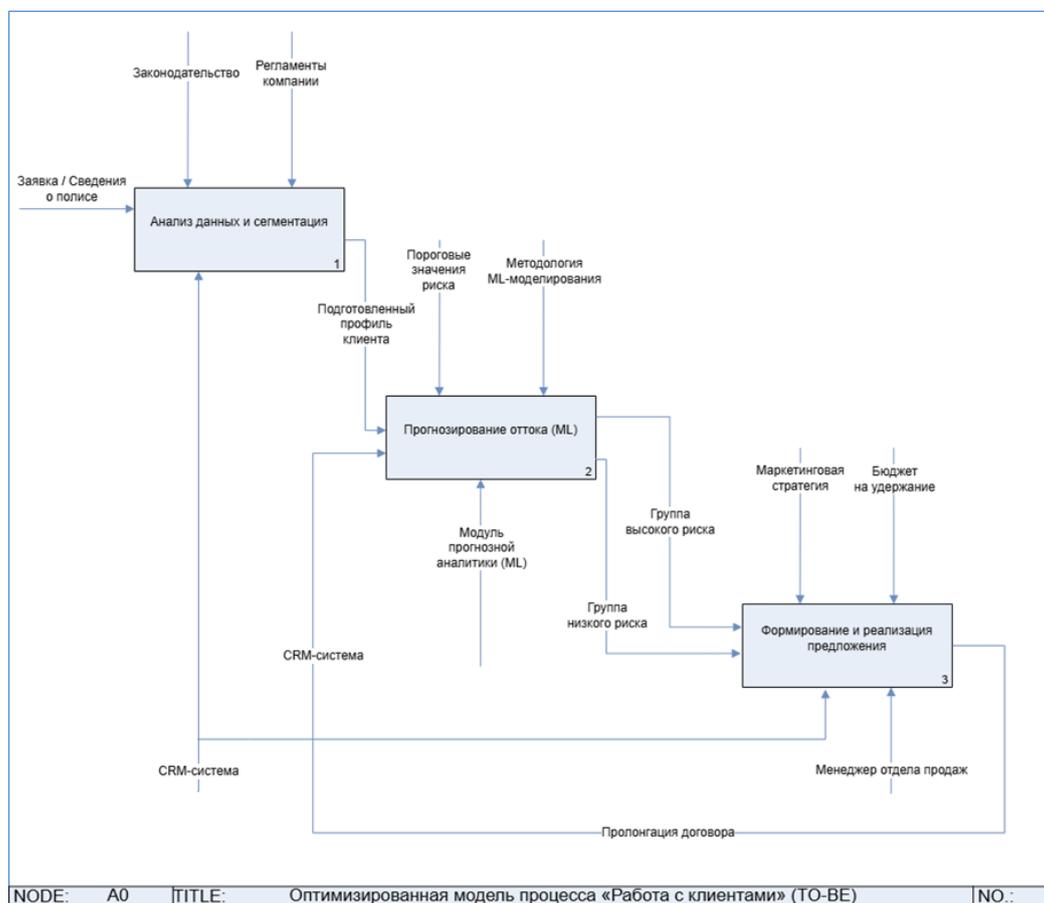


Рис. 2. Оптимизированная модель процесса (TO-BE) с модулем прогнозной аналитики

В процессе предварительного анализа данных было выявлено, что признак Claim Request output (наличие страхового случая)

имеет детерминированную связь с целевой переменной, что приводит к идеальному прогнозированию (AUC-ROC = 1.000) и

свидетельствует об утечке данных. Для получения объективной оценки качества модели данный признак был исключен из обучающей выборки. Также для повышения реалистичности эксперимента и имитации условий реальных данных в числовые признаки был добавлен случайный шум (нормальное распределение с $\sigma = 3.0$). Целевая переменная – Churn (Yes – клиент ушел, No – остался). Доля ушедших клиентов составляет 63,6%, что свидетельствует о дисбалансе классов.

Для решения задачи бинарной классификации был выбран алгоритм градиентного бустинга в реализации библиотеки CatBoost [5]. Выбор обусловлен следующими преимуществами:

1. Встроенная обработка категориальных признаков без кодирования.
2. Устойчивость к пропускам данных.
3. Высокая точность на табличных

данных.

4. Возможность интерпретации результатов.

Разработанная система имеет модульную архитектуру (рис. 3) и включает следующие компоненты:

1. Модуль ETL (Extract, Transform, Load) – загрузка данных, очистка, удаление дубликатов, обработка пропусков, создание новых признаков.

2. Модуль обучения модели – тренировка алгоритма на исторических данных с подбором гиперпараметров (optuna) и кросс-валидацией.

3. Модуль прогнозирования – применение обученной модели к актуальным данным клиентов, формирование рейтинга риска.

4. Модуль визуализации и интеграции – дашборд для менеджера, выгрузка результатов в CRM-систему.

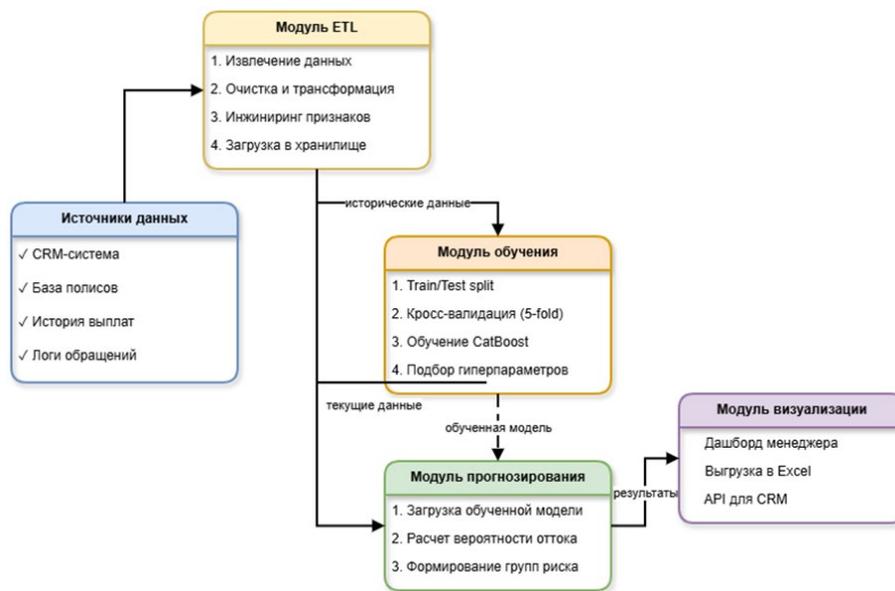


Рис. 3. Архитектура программного комплекса прогнозирования оттока

Разработка программного обеспечения осуществлялась с использованием языка программирования Python версии 3.10. Используются библиотеки: pandas, numpy – обработка данных; catboost –

градиентный бустинг; scikit-learn – кросс-валидация, метрики качества; streamlit – создание веб-интерфейса прототипа; plotly – визуализация.

Для получения объективной оценки

качества модели использовалась стратегия train/test split в соотношении 80/20 с сохранением доли целевого класса (стратификация). Дополнительно применена 5-кратная кросс-валидация. В качестве метрик качества выбраны: Accuracy (доля правильных ответов); Precision (точность); Recall (полнота); F1-score (гармоническое среднее); AUC-ROC (площадь под ROC-кривой).

Для обоснования выбора CatBoost было проведено сравнение с базовыми алгоритмами машинного обучения.

Результаты представлены в таблице 1.

Анализ таблицы показывает, что алгоритм градиентного бустинга CatBoost демонстрирует наилучшие результаты по всем метрикам. Наибольший прирост достигнут по метрике полноты (Recall), что критически важно: модель правильно идентифицирует 84,6% клиентов, действительно склонных к оттоку. На рисунке 4 представлена ROC-кривая, подтверждающая высокое качество классификации.

Таблица 1 Сравнение качества моделей прогнозирования оттока

Алгоритм	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	AUC-ROC
Логистическая регрессия	0,72	0,68	0,65	0,66	0,75
Random Forest	0,81	0,79	0,77	0,78	0,86
XGBoost	0,84	0,82	0,80	0,81	0,90
CatBoost (предложенный)	0,795	0,834	0,846	0,840	0,870

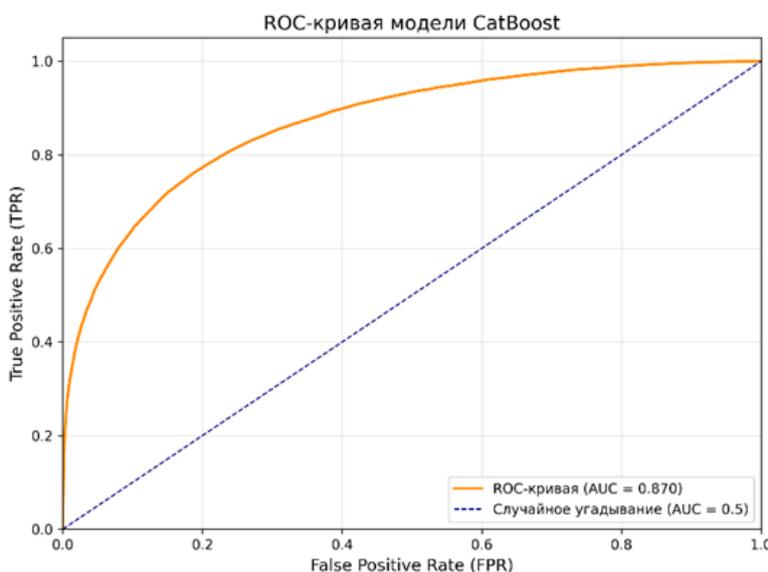


Рис. 4. ROC-кривая модели CatBoost (AUC = 0,87)

Важным требованием к системам бизнес-аналитики является возможность интерпретации результатов. С помощью встроенного механизма `model.get_feature_importance()` определены

признаки, вносящие наибольший вклад в прогноз:

1. Индекс массы тела (BMI) – 42,3%.
2. Причина обращения (Claim Reason) – 31,7%.

3. Уровень конфиденциальности данных (Data confidentiality) – 26,0%.

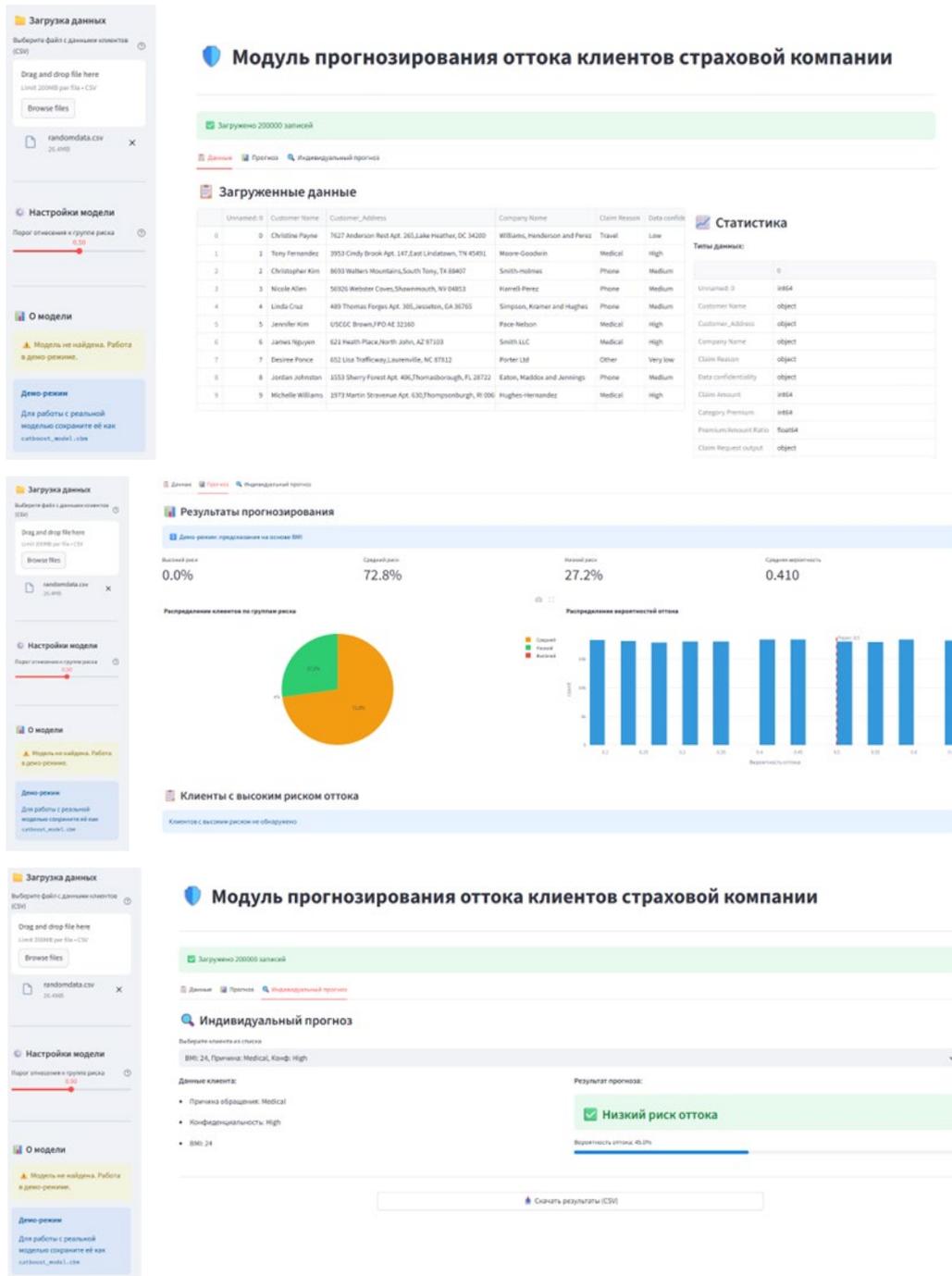


Рис. 5. Экранные формы прототипа модуля прогнозирования оттока

Высокий вклад ВМІ объясняется наличием в данных зависимости между физическими параметрами клиентов и их склонностью к расторжению договоров страхования жизни.

Данная информация позволяет формировать адресные предложения: например, клиентам с высоким ВМІ предлагать программы здорового образа жизни, клиентам с определенными причинами

обращений – персонализированные условия страхования.

Для демонстрации работоспособности предложенного решения разработан прототип веб-интерфейса на базе фреймворка Streamlit. Интерфейс (рис. 5) позволяет:

1. Загрузить актуальный файл с данными клиентов.
2. Получить прогноз вероятности оттока для каждого клиента.
3. Отсортировать клиентов по уровню риска.
4. Выгрузить результаты для дальнейшей работы.
5. Визуализировать распределение клиентов по группам риска.

Основное окно прототипа содержит область загрузки данных, интерактивную таблицу с результатами прогноза и круговую диаграмму, отображающую долю клиентов в каждой группе риска (низкий, средний, высокий).

Разработанный прототип может быть интегрирован в существующую CRM-систему компании через API либо использован как автономное решение. Внедрение системы позволяет снизить нагрузку на менеджеров за счет автоматической сегментации клиентской базы и повысить лояльность клиентов, получивших своевременное предложение.

В результате выполнения работы разработано законченное проектное решение в области бизнес-аналитики для страховой компании. На основе анализа бизнес-процесса удержания клиентов предложена оптимизированная модель TO-BE с интеграцией модуля прогнозной аналитики, позволяющая перейти к проактивному управлению клиентским опытом. Для реализации прогностической функции обоснован

выбор градиентного бустинга CatBoost и выполнена программная реализация алгоритма. Экспериментальная оценка качества модели на открытом датасете подтвердила ее эффективность в идентификации клиентов, склонных к оттоку. Завершающим этапом стала разработка прототипа пользовательского интерфейса на базе Streamlit, демонстрирующего практическую реализуемость системы с функционалом загрузки данных, прогнозирования, визуализации и экспорта результатов.

Предложенное решение может быть адаптировано не только для страховых компаний, но и для других сфер услуг (банки, телекоммуникации, ритейл), что определяет перспективы дальнейших исследований в области оптимизации информационных процессов [6].

Библиографический список

1. Котлер Ф. Маркетинг от А до Я: 80 концепций, которые должен знать каждый менеджер / Ф. Котлер. – М.: Альпина Паблишер, 2021. – 216 с.
2. Новиков, В. Д. Прогнозирование потребительской активности с использованием методов машинного обучения / В. Д. Новиков, Р. М. Хамитов // International Journal of Advanced Studies. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 205-214.
3. Зарипова, Р. С. Реинжиниринг бизнес-процессов как метод управления деятельностью страховой компании / Р. С. Зарипова, А. А. Гибадуллина // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 5(166). – С. 984-988.
4. Customer Churn dataset for Life Insurance Industry [Электронный ресурс] / Kaggle. – 2022. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/usmanfarid/customer-churn-dataset-for-life-insurance>

industry/data, свободный.

5. CatBoost – библиотека градиентного бустинга [Электронный ресурс] / Yandex. – 2026. – Режим доступа: <https://catboost.ai>, свободный.

6. Салтанаева, Е. А. Оптимизация информационных процессов в области

маркетинговых исследований с применением технологий искусственного интеллекта / Е. А. Салтанаева, С. В. Васильева, Р. И. Эшлиоглу // Экономика. Информатика. – 2024. – Т. 51, № 2. – С. 413-424.

Информация об авторах

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru

Гайфутдинов Руслан Ильдорович – студент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51)

Information about the author

Saltanaeva Elena Andreevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan), e-mail: elena_maister@mail.ru

Gaifutdinov Ruslan Ildarovich – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan)

УДК 796.015.15:681.518

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ И КЛИЕНТСКИМ СЕРВИСОМ В ФИТНЕС КЛУБЕ НА ОСНОВЕ ВЕБ-ПЛАТФОРМЫ

Э.А. Хасаншина ¹, С.М. Куценко ¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Статья посвящена разработке веб-платформы для фитнес-клуба, автоматизирующей взаимодействие между пользователями. Описаны базовый функционал, персонализированные модули: расчет индивидуальной нормы калорий, конструктор меню и календарь женского цикла, корректирующий питание. Описаны актуальность, её архитектурные принципы и функциональные требования.

Ключевые слова: автоматизация, веб-платформа, фитнес-клуб, управление тренировочным процессом, клиентский сервис.

AUTOMATION OF TRAINING PROCESSES MANAGEMENT AND CUSTOMER SERVICE IN A FITNESS CLUB BASED ON A WEB PLATFORM

E.A. Khasanshina ¹, S.M. Kutsenko ¹

¹ Kazan State Power Engineering University

Abstract: The article is devoted to the development of a web platform for a fitness club that automates interaction between users. It describes the basic functionality and personalized modules: calculation of individual caloric intake, a menu builder, and a menstrual cycle calendar that adjusts nutrition. The relevance, architectural principles, and functional requirements of the platform are outlined.

Keywords: automation, web platform, fitness club, training process management, customer service.

В последние годы фитнес-клубы всё чаще переходят от разрозненных цифровых инструментов (таблиц записи,

мессенджеров, отдельных приложений) к интегрированным информационным системам. Это связано с ростом числа клиентов и

необходимостью централизованного управления тренировочными и сервисными процессами. Традиционные методы управления, основанные на разрозненных инструментах, не позволяют эффективно решать задачи персонализации тренировок и питания, а также налаживать коммуникацию между клиентами и тренерами. Так автоматизация бизнес-процессов ведет к снижению издержек и повышению производительности [1].

Однако современный рынок требует от фитнес-услуг выхода за рамки простой автоматизации. Главным критерием становится гиперперсонализация, основанная на данных о пользователе, которая с помощью цифровых инструментов повышает мотивацию к физической активности [2]. Расширяя этот тезис, можно утверждать, что персонализированный подход к питанию, учитывающий даже такие физиологические особенности, как фаза менструального цикла, может увеличить эффективность и лояльность клиентов, особенно женской аудитории.

Целью данной работы является описание концепции и функциональных требований к веб-платформе фитнес-клуба, которая объединяет управленческие, коммуникационные и инновационные персонализирующие модули.

Разрабатываемая платформа базируется на трехуровневой модели доступа, что обеспечивает четкое разделение зон ответственности и функциональных возможностей.

1. Администратор. Выполняет роль управляющего всей системой. В его задачи входит: создание и редактирование учетных записей тренеров и клиентов, формирование общего расписания работы клуба и занятий, а также наполнение базы данных

продуктами и готовыми блюдами для модуля «Питание».

2. Тренер. Использует платформу для профессиональной деятельности. Тренер может: вести личное расписание и назначать тренировки клиентам, создавать для них индивидуальные программы, общаться через встроенный чат и отслеживать прогресс подопечных. Важной функцией тренера также является возможность дополнять базу блюд, делаясь рецептами со своими клиентами.

3. Клиент. Является центральным потребителем сервисов платформы. Клиенту доступен широкий спектр функций: онлайн-запись и отмена тренировок, личный календарь занятий, коммуникация с тренером. Ключевыми и наиболее инновационными для клиента являются модули персонализации: «Калькулятор КБЖУ и Конструктор меню» и «Календарь женского цикла».

Ключевое отличие предлагаемой платформы от существующих решений заключается в персонализации на основе физиологических данных клиента.

Модуль «Калькулятор КБЖУ и конструктор меню». Данный модуль автоматизирует процесс перевода диетологических рекомендаций в практическую плоскость. На основе введенных пользователем индивидуальных характеристик (возраст, вес, рост, пол, уровень физической активности) платформа автоматически рассчитывает его суточную норму калорий и баланс белков, жиров и углеводов (КБЖУ). Далее, используя базу данных продуктов и блюд, платформа позволяет пользователю составлять меню на день или неделю, автоматически подсчитывая суммарное КБЖУ и сравнивая его с индивидуальной нормой. Это превращает абстрактное понятие

«правильное питание» в конкретный, управляемый и понятный инструмент.

Модуль «Календарь женского цикла». Это наиболее инновационный компонент платформы, реализующий принципы превентивной и персонализированной медицины. Гормональный фон женщины на разных фазах цикла влияет на метаболизм, аппетит, потребность в микронутриентах и эффективность тренировок. Данный модуль позволяет клиенту отслеживать фазы своего цикла. Ключевая особенность – динамическая интеграция с модулем питания. При активации определенной фазы цикла платформа автоматически корректирует рекомендации по КБЖУ и составу рациона. Например, в лютеиновой фазе может быть рекомендовано увеличение потребления сложных углеводов и магния для снижения симптомов предменструального синдрома. Такая функциональность, основанная на анализе данных и применении экспертных знаний, выводит персонализацию фитнес-услуг на новый уровень наравне с развитием ИТ в области здоровья [3].

Для успешной реализации описанного функционала архитектура платформы должна строиться на ключевых принципах:

Модульность. Позволит независимо разрабатывать и развивать модули тренировок, питания и женского календаря.

Масштабируемость. Обеспечит стабильную работу при росте числа пользователей и объемов данных об их прогрессе и рационах.

Расширяемость. Даст возможность в будущем легко добавлять новые модули (например, интеграция с фитнес-браслетами).

Безопасность. Является критически важной, так как платформа будет обрабатывать не только персональные, но и

чувствительные медицинские данные (физиологические показатели, данные о цикле) [4, 5].

Выбор технологий должен соответствовать этим принципам. Для клиентской части необходимы адаптивные интерфейсы, для серверной – надежная логика расчетов и API для взаимодействия модулей, а для базы данных – гибкая структура для хранения разнородной информации (профили пользователей, тренировки, продукты, циклы).

Разработка веб-платформы для фитнес-клуба с предложенным функционалом позволяет решить комплекс задач: от автоматизации базовых административных и коммуникационных процессов [1] до внедрения передовых методов персонализации, повышающих мотивацию и лояльность клиентов [2]. Интеграция модуля женского цикла с системой питания представляет собой инновационное решение, которое не только улучшает качество сервиса, но и формирует новый стандарт цифровой заботы о здоровье. Использование современных архитектурных подходов создаёт предпосылки для разработки надёжной и масштабируемой платформы, однако итоговые характеристики системы зависят от конкретной реализации [5,6].

Библиографический список

1. Шакиров, А. А. Актуальные проблемы автоматизации бизнес-процессов на предприятии / А. А. Шакиров, Р. С. Зарипова // Наука Красноярья. – 2020. – Т. 9, № 4-4. – С. 258-262.

2. Гильманшин, Р. А. Цифровые технологии в физкультуре: их роль в мотивации к физической активности, развитие приложений для поддержки здорового образа жизни / Р. А. Гильманшин // Физическая

культура, спорт, туризм: наука, образование, информационные технологии : Материалы Всероссийской с международным участием заочной научно-практической конференции, Казань, 20–21 марта 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 43-47.

3. Мусина, Л. Ф. Будущее коммуникации - роль искусственного интеллекта и прогресс интернета вещей / Л. Ф. Мусина // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 5, № 7(148). – С. 29-35.

4. Волков, А. С. Архитектурные принципы и технологии для многофункциональных веб-платформ / А. С. Волков, В. Х. Пшихопов, К. Н. Ефименко // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2023): Сборник материалов VIII

Всероссийской научно-технической конференции, Донецк, 29 ноября 2023 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2023. – С. 81-85.

5. Салтанаева, Е. А. Проектирование мобильного приложения для оптимизации деятельности фитнес-инструктора / Е. А. Салтанаева, С. М. Куценко // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 7(180). – С. 703-708. – DOI 10.34925/EIP.2025.180.7.120.

6. Абдурайимов, Л. Н. инновационные подходы к проектированию и разработке веб-платформы для эффективного управления it-проектами / Л. Н. Абдурайимов, Л. Б. Абибулаев, С. С. Танишева // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. – 2023. – № 2(40). – С. 102-110.

Информация об авторах

Хасаншина Элиза Айратовна – студент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elizakhasanshina4@gmail.com

Куценко Светлана Мунавировна – доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

Information about the author

Eliza A. Khasanshina – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: elizakhasanshina4@gmail.com

Svetlana M. Kutsenko – associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

УДК 504.052:004.94

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ МЕХАНИЗМОВ И АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИС ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА НА ПЛАТФОРМЕ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ

Н.Н. Файзрахманова¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В статье описывается создание информационной системы для расчета экологического следа на платформе 1С: Предприятие. Рассматриваются структура объектов метаданных, справочники с коэффициентами выбросов и документы для ввода данных. Основное внимание уделено алгоритмам расчета углеродного следа и аналитическим функциям, включая формирование отчетов и визуализацию результатов, что повышает экологическую осведомленность пользователей.

Ключевые слова: 1С: Предприятие, экологический след, углеродный след, программная реализация, пользовательская аналитика, справочники коэффициентов, визуализация данных.

IMPLEMENTATION OF SOFTWARE MECHANISMS AND ANALYTICAL POTENTIAL OF THE INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATING THE ECOLOGICAL FOOTPRINT ON THE 1С: ENTERPRISE PLATFORM

N.N. Fayzrakhmanova ¹, E.A. Saltanaeva ¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article describes the creation of an information system for calculating the ecological footprint on the 1С: Enterprise platform. The structure of metadata objects, reference books with emission coefficients, and data entry documents are considered. The focus is on carbon footprint calculation algorithms and analytical functions, including reporting and visualization of results, which increases user environmental awareness.

Keywords: 1С: Enterprise, ecological footprint, carbon footprint, software implementation, user analytics, coefficient directories, data visualization.

Концепция экологического следа, разработанная в 1990-х годах М. Вакернагелем и У. Рисом, продолжает быть важным инструментом для оценки влияния человеческой деятельности на биосферу [1]. Этот интегральный показатель позволяет выразить разнообразные аспекты потребления, такие как питание, транспорт, энергопотребление и образование отходов, в единых единицах – глобальных гектарах. Они отражают площадь биологически продуктивной земли, необходимой для производства используемых ресурсов и поглощения выбросов CO₂.

Сегодняшние проблемы, связанные с изменением климата и истощением ресурсов, требуют перехода от глобальных оценок к персонализированным инструментам. Исследования в области психологии показывают, что индивидуальные рекомендации эффективнее общей статистики для формирования экологических привычек [2,3]. На российском рынке пока не существует решений, которые бы объединяли удобство и точность. Есть простые веб-калькуляторы, но их точность вызывает вопросы. С другой стороны, есть сложные корпоративные системы, предназначенные

для промышленной отчетности [4].

Эта работа продолжает ранее предложенную методологию создания информационной системы (ИС) для расчета экологического следа и описывает этап программной реализации на платформе 1С:Предприятие [5]. Платформа выбрана за ее гибкость, мощные инструменты работы с данными и встроенные средства для аналитической отчетности. Демонстрируется архитектура созданной конфигурации, программные механизмы расчета и аналитический потенциал системы как инструмент повышения экологической осведомленности.

Конфигурация создана по модульному принципу и включает четыре ключевые подсистемы: «Питание», «Транспорт», «Энергопотребление» и «Отходы». Каждая из них содержит типовые объекты метаданных, настроенные для экологического учета (рис. 1).

Ключевым требованием к системе является возможность обновления коэффициентов расчета при изменении методик или появлении новых научных данных. Для этого в конфигурации реализованы специализированные справочники.

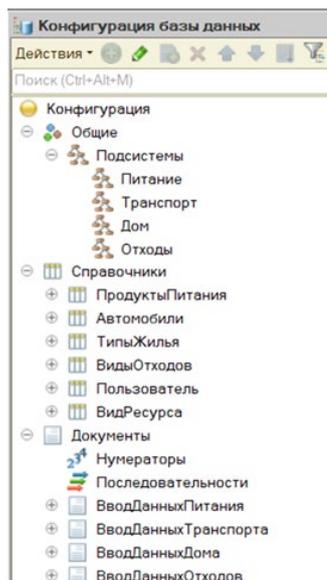


Рис. 1. Структура объектов информационной системы

Справочник «ПродуктыПитания» (рис. 2) содержит перечень категорий продуктов (мясо, рыба, молочные продукты, овощи и др.). Для каждой позиции хранится вес стандартной порции (100 г) и коэффициент углеродного следа (кг CO₂-эквивалента на кг продукта). Такая структура позволяет учитывать дифференциацию выбросов на протяжении всего жизненного цикла продукта (производство, переработка, транспортировка). Аналогично устроены справочники:

– «Автомобили» – хранит данные о типе топлива и выбросах на километр пробега.

– «ТипыЖилья» – содержит усредненные коэффициенты энергопотребления для разных типов домов: квартиры в многоэтажных зданиях, частные дома и другие.

– «ВидыОтходов» – включает коэффициенты образования парниковых газов при разложении различных фракций отходов на полигонах.

– «Пользователь» – регистрирует персональные данные, влияющие на

корректировку расчетов (регион проживания, состав семьи для приведения к долевному потреблению ресурсов дома).

Первичные данные вводятся через документы, соответствующие каждому направлению учета:

– «ВводДанныхПитания»: фиксирует рацион пользователя за неделю или месяц. В таблице можно указать типы продуктов из справочника и количество порций (рис. 3). Документ также включает поля для ввода косвенных показателей, таких как частота посещений кафе, заказы еды на дом и объем напитков в одноразовой таре. Эти данные используются для уточняющих расчетов, например, учета выбросов от упаковки и работы общепита.

– «ВводДанныхТранспорта»: содержит отдельные вкладки для разных видов передвижения: личный автомобиль, общественный транспорт и авиаперелеты. Для каждого вида транспорта рассчитывается пройденное расстояние и соответствующие выбросы.

– «ВводДанныхДома»: включает показания счетчиков электроэнергии, воды, газа и данные о потреблении отопления (в зависимости от учета в регионе).

– «ВводДанныхОтходов»: позволяет оценить объем образования отходов (в килограммах или литрах) с детализацией по фракциям: смешанные отходы, пластик, стекло и органика.

Экологический след рассчитывается при работе с документами и реализуется на встроенном языке 1С. Принцип расчета прост: количество потребленного ресурса умножается на коэффициент из справочника, а затем результаты суммируются. Рассмотрим этот механизм на примере подсистемы «Питание».

Наименование	Код	Вес порции	Кoeffициент выбросов CO ₂
Мясо и мясные продукты	00000001	100	12,50
Рыба и морепродукты	00000002	100	5,00
Молочные продукты	00000003	100	5,00
Растительные белки	00000004	100	1,00
Овощи и фрукты	00000005	100	1,00
Зерновые и крупы	00000006	100	1,80
Напитки	00000007	100	0,70

Рис. 2. Справочник «ПродуктыПитания»

Ввод данных питания 00000001 от 01.02.2026 0:00:00

Провести и закрыть | Записать | Провести

Номер: 00000001
 Дата: 01.02.2026 0:00:00
 Пользователь: Нариза

Сколько раз в месяц вы посещаете кафе?
 Сколько раз в месяц вы заказываете еду на дом?
 Порций напитков в одноразовой таре за месяц (1 порция = 250 мл)

Заполните данные об употребленной еде за неделю, учитывая, что 1 порция 100 г:

N	Тип продукта	Количество порций
1	Молочные продукты	2
2	Овощи и фрукты	3
3	Мясо и мясные продукты	3
4	Напитки	5

Углеродный след в кг: 654,000

Рис. 3. Документ «ВводДанныхПитания»

Когда проводится документ «ВводДанныхПитания», система проходит по строкам табличной части. Для каждой строки определяется ссылка на продукт из справочника «ПродуктыПитания», откуда извлекается коэффициент выбросов CO₂ (1). Расчет производится по формуле:

$$C_{\text{питание}} = \sum_{i=1}^n (K_i * M_i * W) \quad (1)$$

где: C_{питание} – углеродный след от питания за период (кг CO₂-экв.);

K_i – коэффициент выбросов для продукта i (кг CO₂-экв. / кг продукта);

M_i – количество порций продукта i, потребленных за период;

W – вес стандартной порции (кг), заданный в справочнике;

n – количество позиций в табличной части документа.

Дополнительно учитываются выбросы от упаковки и работы общепита. Для этого применяются эмпирические коэффициенты, которые добавляются в реквизиты документа на этапе проектирования. Например, частоту заказов еды на дом умножают на усредненный коэффициент выбросов от упаковки и доставки.

Подобные механизмы, с соответствующими изменениями коэффициентов и

единиц измерения, реализованы для подсистем «Транспорт», «Дом» и «Отходы». Результаты расчетов по каждому документу сохраняются в регистрах накопления, таких как «Регистр Питания» и «Регистр ДопДанных По Питанию». Это позволяет хранить историю и формировать отчеты за любые периоды.

Для выполнения аналитической функции в конфигурацию был включён модуль отчетов и анализа. Хотя модуль еще дорабатывается, его структура уже ясна. В системе отчеты делятся на три категории.

Структурные отчеты предназначены для подробного анализа состава экологического следа. Основной отчет «Структура экологического следа» создается на основе данных регистров накопления и показывает результаты расчетов за выбранный период: месяц, квартал или год. В отчете есть таблица с разбивкой по четырем категориям: питание, транспорт, дом и отходы. Также есть диаграмма, которая наглядно показывает долю каждой категории в общем следе. Детализация до уровня отдельных продуктов позволяет пользователю увидеть, какие именно продукты (мясо, молочные и так далее) вносят наибольший вклад. Это может стать мощным стимулом для пересмотра потребительских привычек.

Динамические отчеты помогают отслеживать прогресс пользователя с течением времени. Отчет «Динамика экологического следа» представляет собой линейный график, который показывает изменения общего следа в тоннах CO₂-эквивалента или глобальных гектарах по месяцам. Этот отчет позволяет выявить сезонные колебания, такие как увеличение энергопотребления зимой; оценить результаты принятых мер по снижению нагрузки, например, переход на общественный транспорт или

сокращение потребления мяса; а также отметить личные достижения и области для роста.

Сравнительные отчеты выполняют важную функцию персонализированного калькулятора: они позволяют сопоставить свои результаты с эталонными значениями. Отчет «Сравнение с нормативными показателями» визуализирует на диаграмме личный углеродный след пользователя, рядом с которым отображается средний след по региону или стране (данные загружаются из справочников и могут обновляться). Также в отчете указаны целевые ориентиры, соответствующие глобальным климатическим целям, например, 2 тонны CO₂ на человека в год к 2050 году [6].

Интеллектуальное ядро аналитической подсистемы — это модуль персонализированных рекомендаций. Его алгоритм анализирует «узкие места» в пользовательском следе. Если доля транспорта превышает 30% всего следа, система предлагает сценарии снижения: использование общественного транспорта, переход на электромобиль, компенсация выбросов через посадку деревьев.

Рекомендации подкреплены количественными оценками: «Замена поездки на автомобиле на метро снизит ваш ежемесячный след на 15 кг CO₂». Этот подход использует игровые элементы и позитивное подкрепление, чтобы усилить вовлеченность пользователя.

Архитектура созданной конфигурации была продумана с учетом возможности масштабирования и интеграции с мобильными устройствами. В будущем планируется разработать мобильное приложение на базе платформы 1С: Предприятие [7], которое позволит вводить данные со смартфона и синхронизировать их с основной

конфигурацией.

Библиографический список

1. Wackernagel M., Rees W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. – Gabriola Island: New Society Publishers, 1996. – 160 p.

2. Abrahamse W. A review of intervention studies aimed at household energy conservation / W. Abrahamse [et al.] // Journal of Environmental Psychology. – 2005. – Vol. 25, No. 3. – P. 273-291.

3. Яппаров Р. Р. Внедрение информационных систем управления как инструмента организационной эффективности предприятий / Р. Р. Яппаров, Р. С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 4 (22). – С. 27-29.

4. Шапошников М. Р. Разработка информационной системы экологического учета в 1С: Предприятие / М. Р. Шапошников, М. В. Янаева, Н. Т. Рудник // Вестник науки. – 2025. – № 6 (87). – С. 45-52. – URL: [вставьте ссылку, если источник

электронный, иначе уберите строку].

5. Файзрахманова Н. Н. Комплексный подход к автоматизации расчёта экологического следа: проектирование ИС на платформе 1С: Предприятие / Н. Н. Файзрахманова, Е. А. Салтанаева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 4 (38). – С. 124-128.

6. Отчёт о глобальном экологическом следе / Global Footprint Network. – 2023. – 50 с. – URL: <https://www.footprintnetwork.org/reports> (дата обращения: 15.02.2026).

7. Донгак С. Б. Б. Особенности разработки информационных модулей для предприятия / С. Б. Б. Донгак, Р. М. Хамитов // Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в информационном обществе: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Москва, 30 декабря 2021 года. – Москва: Институт развития образования и консалтинга, 2021. – С. 174-177.

Информация об авторах

Файзрахманова Наргиза Наилевна – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: bilalmin@mail.ru

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru

Information about the author

Nargiza N. Fayzrakhmanova – student, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: bilalmin@mail.ru

Elena A. Saltanaeva – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of information technologies and intelligent systems, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: elena_maister@mail.ru

УДК 004.89

СТРАТЕГИЯ И ПРАКТИКА ПЕРЕХОДА С ИМПОРТНЫХ MES-СИСТЕМ НА РОССИЙСКИЕ ПЛАТФОРМЫ

Р.И. Юсупова¹, Р.С. Зарипова¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Статья посвящена разработке методологии перехода с зарубежных платформ на российские решения. На основе анализа кейсов промышленных предприятий, экспертных интервью и статистических данных выявлены ключевые барьеры импортозамещения. Предложена трехуровневая модель оценки зрелости предприятия к внедрению MES-системы, а также практические рекомендации по выбору стратегии перехода и адаптации решений под специфику бизнес-процессов.

Ключевые слова: MES-системы, импортозамещение, цифровая зрелость, адаптация бизнес-процессов, промышленная автоматизация, технологический суверенитет.

STRATEGY AND PRACTICES FOR THE TRANSITION FROM IMPORTED MES SYSTEMS TO RUSSIAN PLATFORMS

R.I. Yusupova¹, R.C. Zaripova¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article is devoted to the development of a methodology for the transition from foreign platforms to Russian solutions. Based on the analysis of industrial enterprises' cases, expert interviews and statistical data, key barriers to import substitution have been identified. A three-level model for assessing the maturity of an enterprise to implement a MES system is proposed, as well as practical recommendations for choosing a transition strategy and adapting solutions to the specifics of business processes.

Keywords: MES systems, import substitution, digital maturity, business process adaptation, industrial automation, technological sovereignty.

Российская промышленность в последние годы оказалась в условиях новой институциональной и технологической реальности. Уход с отечественного рынка таких крупных зарубежных вендоров, как Siemens, SAP и Oracle, привёл к разрыву сложившихся технологических цепочек и поставил под угрозу устойчивость ИТ-инфраструктуры промышленных предприятий. На протяжении десятилетий корпоративные информационные системы формировались на базе импортных решений, которые глубоко интегрировались в производственные и управленческие процессы [1]. В этих условиях импортозамещение перестаёт быть исключительно стратегической задачей и приобретает характер оперативной необходимости, связанной с обеспечением технологического суверенитета и непрерывности производственной деятельности.

MES-система – это специализированный программно-аппаратный комплекс, предназначенный для оперативного управления производственными процессами в режиме реального времени, мониторинга технологических параметров, диспетчеризации операций, учёта производственных ресурсов и обеспечения прослеживаемости

продукции. В отличие от ERP-систем, ориентированных на стратегическое и ресурсное планирование [2], MES-решения функционируют на уровне цеха и напрямую влияют на производственную эффективность, качество выпускаемой продукции и промышленную безопасность. Следовательно, ошибки или сбои при переходе на новые платформы могут иметь не только экономические, но и технологические последствия.

По данным экспертно-аналитического доклада Передовой инженерной школы СПбПУ, подготовленного совместно с Минпромторгом России в 2025 году, более 70 промышленных предприятий различных отраслей сталкиваются с системными проблемами при переходе на отечественное ПО. При этом российский рынок MES-систем находится в стадии активного формирования: насчитывается более 50 продуктов с узкой отраслевой специализацией, но отсутствуют устоявшиеся методологии внедрения и долгосрочные гарантии поддержки.

Ключевое противоречие заключается в том, что государство и рыночные условия требуют ускоренного импортозамещения, но отсутствуют проверенные методики

перехода, адаптированные к специфике российских предприятий.

Целью исследования является разработка и обоснование методологии перехода с импортных MES-систем на российские платформы, включающую инструменты анализа зрелости предприятия и алгоритмы адаптации решений под бизнес-процессы.

Рынок инженерного программного обеспечения в России прошел стресс-тест импортозамещения и к 2026 году вошел в новую фазу развития. Согласно данным ГК Softline, MES-сегмент показал наиболее высокие темпы роста среди всех классов инженерного ПО. Если в 2022-2023 годах компании спешно искали «быструю замену» западным системам, то к 2025-2026 году сформировался принципиально иной подход. Теперь предприятия переходят от точечной замены к выстраиванию сквозных цифровых контуров — от 3D-моделей до MES и цифровых двойников.

В российской практике можно выделить несколько типов MES-решений:

1. Платформенные решения на базе 1С. Примером выступает PROF-IT MES, внедрённый на автомобильном заводе «ПСМА Рус». Такие решения ориентированы на предприятия с развитой экосистемой продуктов 1С и позволяют снизить затраты на интеграцию за счёт унифицированной архитектуры и привычной среды разработки.

2. Отраслевые цифровые платформы. Данный тип решений разрабатывается с учётом специфики конкретных отраслей промышленности. Платформа ZIoT от ГК «Цифра» ориентирована на предприятия химической и перерабатывающей промышленности, где критическое значение имеют процессы непрерывного мониторинга параметров среды и технологических режимов.

3. Специализированные MES для металлургии. MES-системы разрабатываются с учётом особенностей поточного производства. Они обеспечивают прослеживаемость металлопотоков, контроль плавов, управление сменными заданиями и анализ простоев агрегатов.

4. Решения для дискретных производств. MES-системы в данном сегменте фокусируются на управлении производственными заказами, маршрутными картами, контроле комплектности и отслеживании индивидуальных единиц продукции.

Существенной особенностью современных российских MES-решений становится их ориентация на использование отечественной программной инфраструктуры: Astra Linux, PostgreSQL. Все это обеспечивает необходимый уровень кибербезопасности [3].

На основе анализа экспертных интервью с ИТ-директорами промышленных предприятий, а также данных исследования Передовой инженерной школы СПбПУ, были выявлены и систематизированы ключевые барьеры, препятствующие успешному импортозамещению. Классификация этих барьеров представлена в таблице 1.

Представленная классификация подтверждает, что проблемы импортозамещения MES-систем носят системный характер и выходят далеко за рамки технологий.

Переход на отечественные MES-платформы целесообразно рассматривать как организационно-технологическую трансформацию, а не простую замену ПО.

Компания заменила PI System на платформу ZIoT при поддержке Фонда «Сколково». Ключевым решением стала разработка конвертеров данных, а именно автоматизирован перенос 136 отчётов и 900 мнемосхем, что сократило сроки миграции

с 6 месяцев до 2 недель. Сохранение привычных интерфейсов снизило сопротивление персонала, а микросервисная архитектура обеспечила масштабируемость и

переход к ИИ-инициативам. В 2025 г. предприятие полностью отказалось от прежней системы.

Таблица 1 Классификация барьеров, препятствующие импортозамещению

Категория барьеров	Ключевые проблемы
Кадровые	Дефицит разработчиков и внедренцев, отток специалистов, недостаточная подготовка в вузах
Финансовые	Высокая стоимость внедрения, неясный ROI, дорогое кредитование
Технологические	Устаревшее оборудование, закрытые протоколы, сложность интеграции
Организационные	Разрыв ИТ и производства, отсутствие вовлеченности бизнеса, сопротивление персонала
Рыночные	Незрелость рынка, отсутствие методологий
Нормативные	Отсутствие актуальной нормативной базы для «безбумажных» технологий

Комбинат реализует поэтапную программу импортозамещения: создание «Единой MES» на PostgreSQL, замена решений Oracle и Siemens, переход на отечественные интеграционные платформы. Основной вывод – приоритет формализации бизнес-процессов и требований до выбора продукта.

После отключения от SAP предприятие реализовало стратегию «Big Bang» на базе решений 1С. Оперативный контур перенесён за 1,5 месяца, полная автоматизация – за полгода. Успех обеспечили готовые отраслевые модули и опыт интегратора.

Сравнительный анализ трех кейсов выявил ключевые факторы успеха импортозамещения MES и общим для всех проектов стала вовлеченность бизнеса.

На основе проведенного анализа барьеров и факторов успеха реализованных проектов предлагается трехуровневая модель оценки зрелости предприятия, которая позволяет диагностировать готовность к переходу на отечественную MES-систему и обоснованно выбрать стратегию внедрения. Модель рассматривает проект

импортозамещения не как изолированную ИТ-инициативу, а как комплексную организационно-технологическую трансформацию [4].

Первый уровень модели оценивает готовность управленческой структуры и производственной культуры предприятия к внедрению новой системы. Критериями оценки выступают:

- наличие регламентированных и документально зафиксированных бизнес-процессов;
- степень вовлеченности производственного руководства в проекты автоматизации;
- готовность к организационным изменениям, наличие агентов изменений среди ключевых сотрудников.

Второй уровень модели характеризует готовность производственной инфраструктуры к интеграции с новой MES-системой. Критерии оценки включают:

- состояние АСУ ТП и принципиальную возможность их интеграции с MES;
- наличие актуальной нормативно-справочной информации (НСИ) в

структурированном виде;

– уровень оснащения производства средствами автоматического сбора данных (датчики, контроллеры, промышленные шины).

Третий уровень модели оценивает человеческий капитал предприятия с точки зрения его способности реализовать проект и принять новую систему. Критериями выступают:

– наличие специалистов, способных грамотно сформулировать функциональные требования к MES;

– готовность линейного персонала к работе в новой системе (отсутствие саботажа, понимание целей изменений);

– наличие «связующего звена» между ИТ и производством – специалистов, владеющих как технологией, так и производственными процессами и способных выступать переводчиками между двумя мирами.

Предложенная трехуровневая модель позволяет перейти от субъективных оценок к структурированной диагностике готовности предприятия к импортозамещению MES.

Таким образом импортозамещение MES-систем в российской промышленности представляет собой не локальную ИТ-задачу, а комплексную организационно-технологическую трансформацию. Разработанная трёхуровневая модель оценки зрелости предприятия позволяет структурировать процесс подготовки к переходу,

минимизировать риски технологических сбоев и обосновать выбор стратегии внедрения. Достижение технологического суверенитета в сфере производственного управления возможно лишь при синхронном развитии нормативной базы, инфраструктуры и компетенций, что трансформирует импортозамещение из вынужденной меры в инструмент устойчивого цифрового развития промышленности.

Библиографический список

1. Антипова Т.С., Зарипова Р.С. Перспективы и проблемы импортозамещения информационных технологий в России // Наука Красноярья. 2019. Т. 8. № 4-4. С. 11-14.
2. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Исследование систем планирования ресурсов предприятия // Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 2-3. С. 181-186.
3. Пырнова О.А. Информационная безопасность в эпоху квантовых технологий // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной конференции. Казань, 2023. С. 439-443.
4. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 216-218.

Информация об авторах

Юсупова Регина Ильдаровна – студент 4 курса, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская 51), e-mail: reginayusupova2805@yandex.ru

Зарипова Римма Солтановна – кандидат технических наук, доцент кафедры Цифровые системы и модели, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the author

Regina I. Yusupova – student, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: reginayusupova2805@yandex.ru

Rimma S. Zaripova – candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Digital Systems and Models, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК 004.9:658.7

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ

С.Р. Гайфуллин¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: Разработана веб-ориентированная информационно-аналитическая система для оптимизации управления товарными запасами на предприятиях малого бизнеса. В работе рассмотрены существующие проблемы управления запасами, предложена архитектура клиент-серверного приложения в формате SPA. Реализованы алгоритмы ABC и XYZ-анализа, расчета точки заказа и формирования рекомендаций по пополнению запасов. Система позволяет автоматизировать процесс управления складскими остатками.

Ключевые слова: управление запасами, ABC-анализ, XYZ-анализ, точка заказа, веб-приложение, оптимизация, бизнес-аналитика, PostgreSQL, Node.js.

DEVELOPMENT OF A WEB-BASED INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR OPTIMIZING WAREHOUSE INVENTORY

S.R. Gaifullin¹, E.A. Saltanaeva¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article is devoted to the development of a web-based information and analytical system for optimizing inventory management in small businesses. The paper considers the existing problems of inventory management, proposes the architecture of a client-server application in the SPA (Single Page Application) format. Algorithms of ABC and XYZ analysis, calculation of the reorder point and formation of recommendations for replenishment of stocks are implemented. The system allows to automate the decision support process in warehouse management.

Keywords: inventory management, ABC-analysis, XYZ-analysis, reorder point, web application, optimization, business analytics, PostgreSQL, Node.js.

Эффективное управление товарными запасами является одной из ключевых задач для предприятий малого и среднего бизнеса. Согласно исследованиям, недостаточно эффективное управление запасами приводит к двум основным проблемам: дефицит товара (потеря прибыли и клиентов) или избыточные запасы (замораживание оборотных средств и увеличение затрат на хранение) [1].

Существующие на рынке решения, такие как «1С: Управление торговлей», «МойСклад» и другие ERP-системы, зачастую обладают избыточным функционалом, сложны в освоении и требуют значительных финансовых вложений, что делает их недоступными для многих

представителей малого бизнеса [2].

Существующие ограничения коммерческих систем обуславливают необходимость создания доступного веб-ориентированного инструмента, позволяющего на основе анализа данных о продажах формировать рекомендации по управлению товарными запасами с использованием методов математического моделирования и бизнес-аналитики.

Процесс управления запасами включает в себя решение следующих задач:

- определение оптимального размера заказа;
- расчет точки заказа (момента, когда необходимо пополнить запас);
- анализ структуры товарного

ассортимента;

- прогнозирование спроса.

Для анализа структуры ассортимента широко применяется ABC-анализ, основанный на принципе Парето: 20% товаров приносят 80% прибыли. Товары разделяются на три группы:

группа А – наиболее ценные товары (80% выручки);

группа В – промежуточные товары (15% выручки);

группа С – наименее ценные товары (5% выручки) [3].

Для анализа стабильности продаж используется XYZ-анализ, который классифицирует товары по коэффициенту вариации [4]:

группа X – стабильные продажи (коэффициент вариации менее 10%);

группа Y – нестабильные, но прогнозируемые продажи (10-25%);

группа Z – хаотичные продажи (более 25%).

Комбинация этих методов (ABC-XYZ матрица) позволяет выработать оптимальную стратегию управления запасами для каждой категории товаров [5].

Для расчета рекомендуемого момента пополнения запасов используется модель с фиксированным размером заказа [6]. Точка заказа (Reorder Point) рассчитывается по формуле:

$$ROP = ADT \times LT + SS \quad (1)$$

где: ROP – точка заказа (единиц товара); ADT – средние ежедневные продажи (Average Daily Sales); LT – время выполнения заказа (Lead Time), дни; SS – страховой запас (Safety Stock).

Страховой запас вычисляется как:

$$SS = ADT \times LT \times k \quad (2)$$

где k – коэффициент страхового запаса (принят равным 0,2 для большинства товаров, что соответствует 20% от продаж за время поставки).

Средние ежедневные продажи рассчитываются на основе данных за последние 30 дней:

$$ADT = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} Q_i \quad (3)$$

где Q_i – количество проданного товара в i-й день.

Рекомендуемый размер заказа предлагается как:

$$Q_{гес} = ADT \times 14 \quad (4)$$

что соответствует двухнедельному запасу с учетом текущего уровня продаж.

Разработанная система реализована по архитектуре "клиент-сервер" с использованием подхода Single Page Application (SPA). При проектировании архитектуры использовались современные подходы к созданию информационных систем, описанные в работе [7]. Структура системы представлена на рисунке 1.

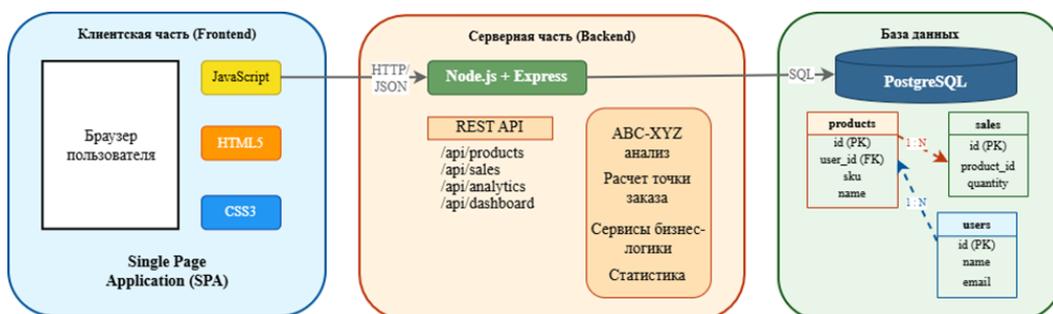


Рис. 1. Архитектура программного комплекса

Как видно из схемы, система состоит из трех основных компонентов: клиентской части, серверной части и базы данных. Клиентская часть разработана с использованием HTML5, CSS3 и JavaScript [8]. Интерфейс построен по модульному принципу с динамической подгрузкой контента без перезагрузки страницы.

Серверная часть, в свою очередь, реализована на платформе Node.js с использованием фреймворка Express [9]. Сервер предоставляет REST API для взаимодействия с клиентской частью, обрабатывает запросы и выполняет необходимые

вычисления. Выбор технологий серверной разработки обусловлен необходимостью обеспечения высокой производительности и масштабируемости, что согласуется с выводами работы [10].

Для хранения данных используется реляционная СУБД. База данных реализована на СУБД PostgreSQL [11]. Структура базы данных включает следующие таблицы: users – хранение информации о пользователях; products – каталог товаров; sales – история продаж; purchase_orders – заказы поставщикам. Детальное описание сущностей представлено в таблице 1.

Таблица 1 Описание сущностей базы данных

Сущность	Атрибут	Тип данных	Описание
users	id	SERIAL	Уникальный идентификатор
	username	VARCHAR(50)	Логин пользователя
	email	VARCHAR(100)	Электронная почта
products	company_name	VARCHAR(100)	Название организации
	id	SERIAL	Уникальный идентификатор
	user_id	INTEGER	Владелец товара (FK)
	sku	VARCHAR(50)	Артикул
	name	VARCHAR(200)	Наименование
	category	VARCHAR(100)	Категория
	unit_price	DECIMAL(10,2)	Цена
sales	current_stock	INTEGER	Текущий остаток
	lead_time_days	INTEGER	Срок поставки
	id	SERIAL	Уникальный идентификатор
	product_id	INTEGER	Проданный товар (FK)
	sale_date	DATE	Дата продажи
purchase_orders	quantity	INTEGER	Количество
	revenue	DECIMAL(10,2)	Выручка
	id	SERIAL	Уникальный идентификатор
	product_id	INTEGER	Заказываемый товар (FK)
	order_date	DATE	Дата заказа
	quantity	INTEGER	Количество
	status	VARCHAR(20)	Статус заказа

Схема базы данных с указанием связей между таблицами представлена на рисунке 2.

На основе описанной структуры

данных в системе реализованы следующие алгоритмы бизнес-аналитики:

1. ABC-анализ – товары ранжируются по убыванию выручки, вычисляется

накопленный итог, и на основе 80/15/5 процентов присваивается категория.

2. XYZ-анализ – для каждого товара вычисляется среднеквадратическое отклонение продаж и коэффициент вариации, на основе чего товар относится к группе X, Y или Z.

3. Расчет точки заказа – для каждого товара вычисляется среднедневные продажи, страховой запас и точка заказа, после чего формируется рекомендация (срочный заказ, рекомендуется заказать или запас в норме).

Для проверки работоспособности разработанной системы было проведено тестирование. Разработанная система была протестирована на данных, имитирующих работу небольшого розничного магазина, что соответствует современным подходам к автоматизации управления запасами. В тестовую базу были загружены данные по 27 товарным позициям различных категорий и 60 дней истории продаж (более 2000 транзакций). Рассмотрим полученные результаты.

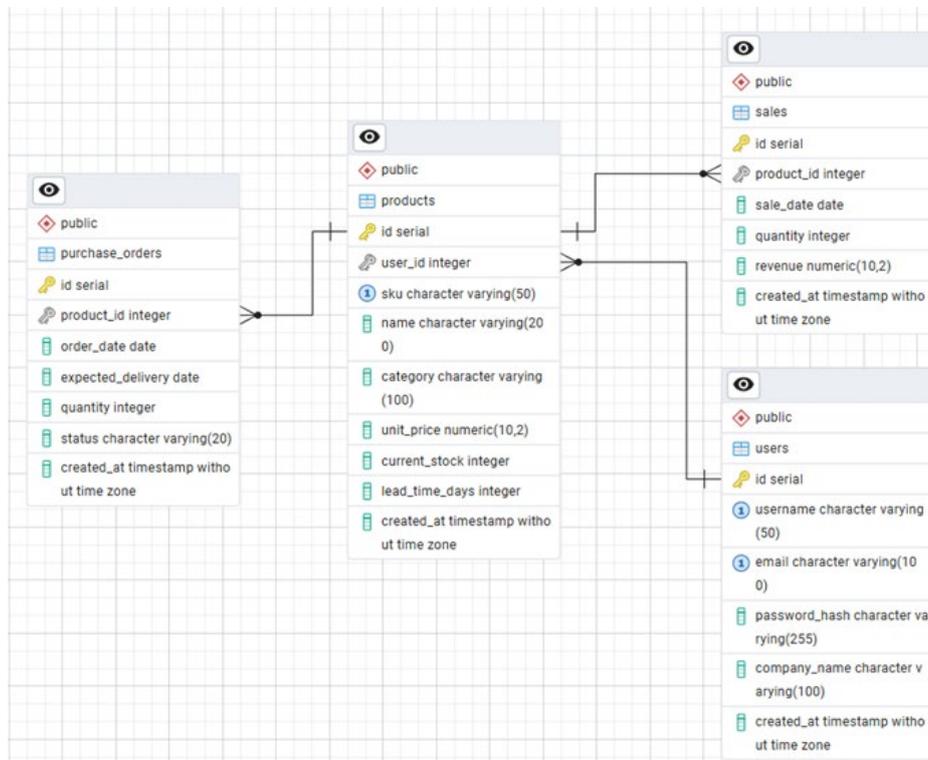


Рис. 2. ER-диаграмма базы данных

На рисунке 3 представлен главный экран системы – дашборд, отображающий ключевые показатели: общее количество товаров, товары ниже точки заказа, продажи и выручку за 30 дней. Дашборд позволяет пользователю быстро оценить текущую ситуацию и выявить проблемные зоны.

Для наглядного представления структуры ассортимента в системе реализован модуль ABC-XYZ анализа. На рисунке 4 представлена ABC-XYZ матрица, позволяющая наглядно увидеть распределение товаров по категориям. Например, товары категории AX имеют стабильно высокие продажи и требуют постоянного наличия на

складе. Товары категории CZ продаются редко и хаотично, что позволяет минимизировать их страховой запас.

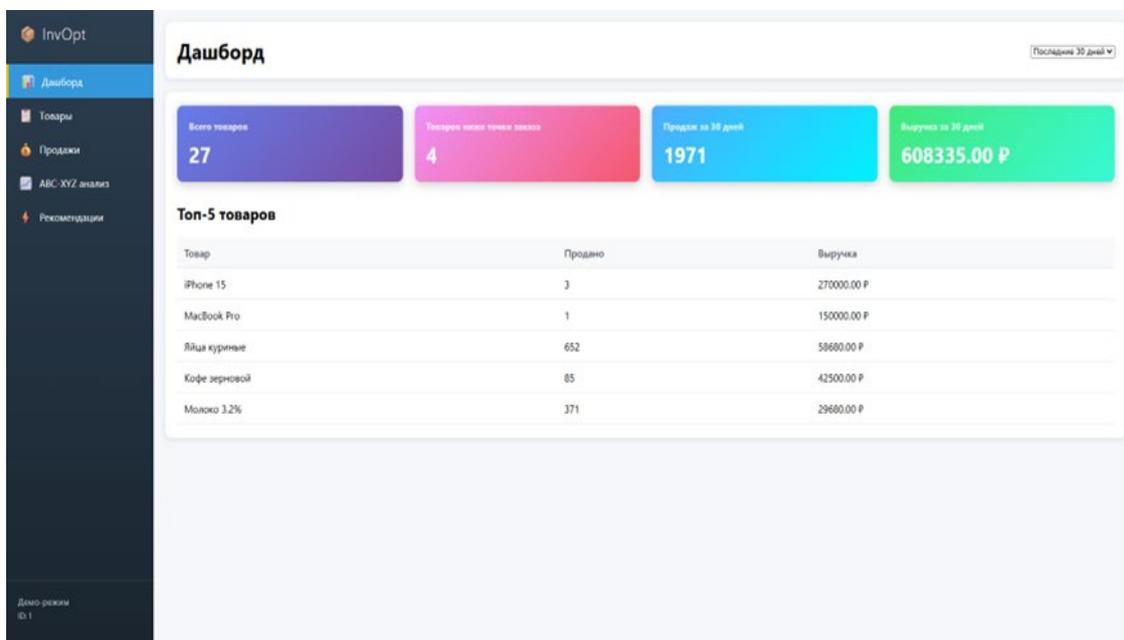


Рис. 3. Дашборд системы

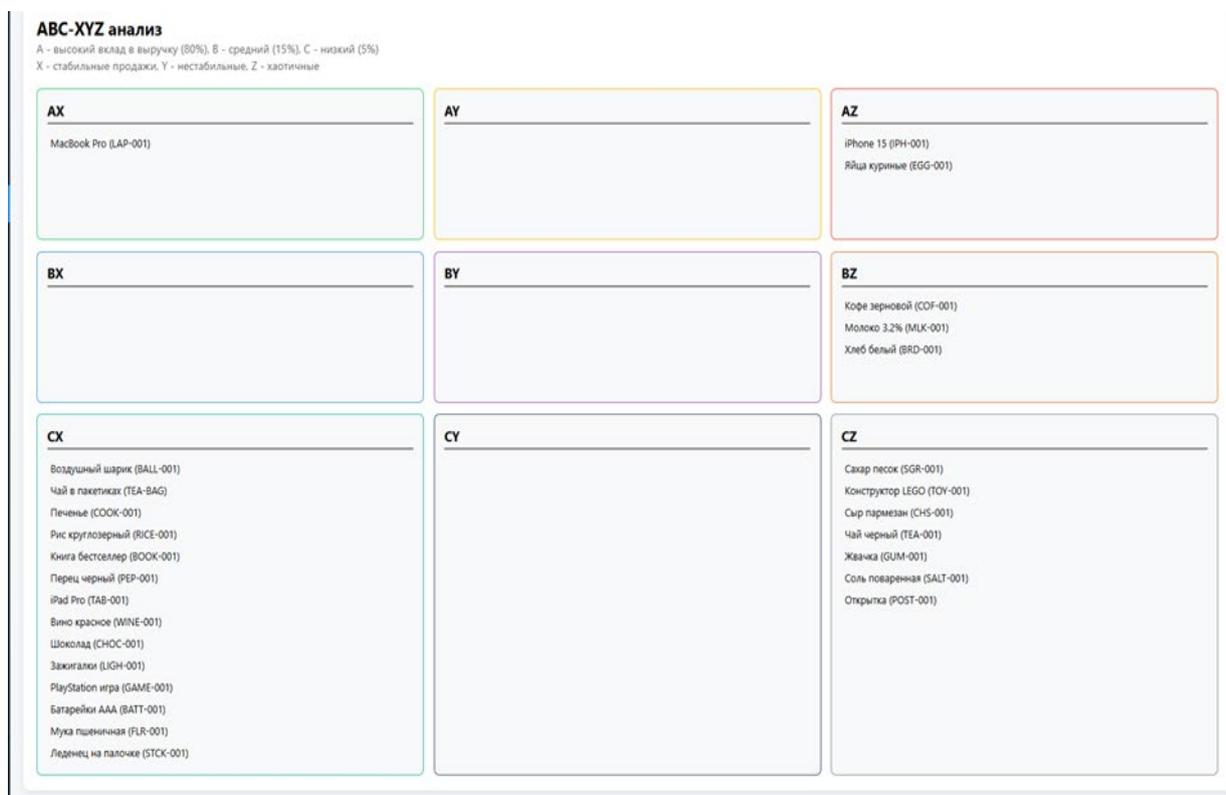


Рис. 4. ABC-XYZ матрица

Наиболее востребованной функцией системы является формирование

рекомендаций по закупкам. На рисунке 5 представлен экран рекомендаций разработанной системы. В верхней части отображаются товары, требующие срочного заказа (с красной индикацией), далее следуют позиции, которые рекомендуется заказать в ближайшее время (желтая индикация), и в нижней части – товары, запас которых находится в норме (зеленая индикация). Для каждого товара выводятся ключевые

показатели: текущий остаток, среднесуточные продажи, точка заказа и рекомендуемый объем закупки.

Такой подход позволяет пользователю системы в режиме реального времени оценить приоритетность закупок и принять обоснованное решение о необходимости пополнения склада, что напрямую влияет на эффективность управления оборотными средствами предприятия.

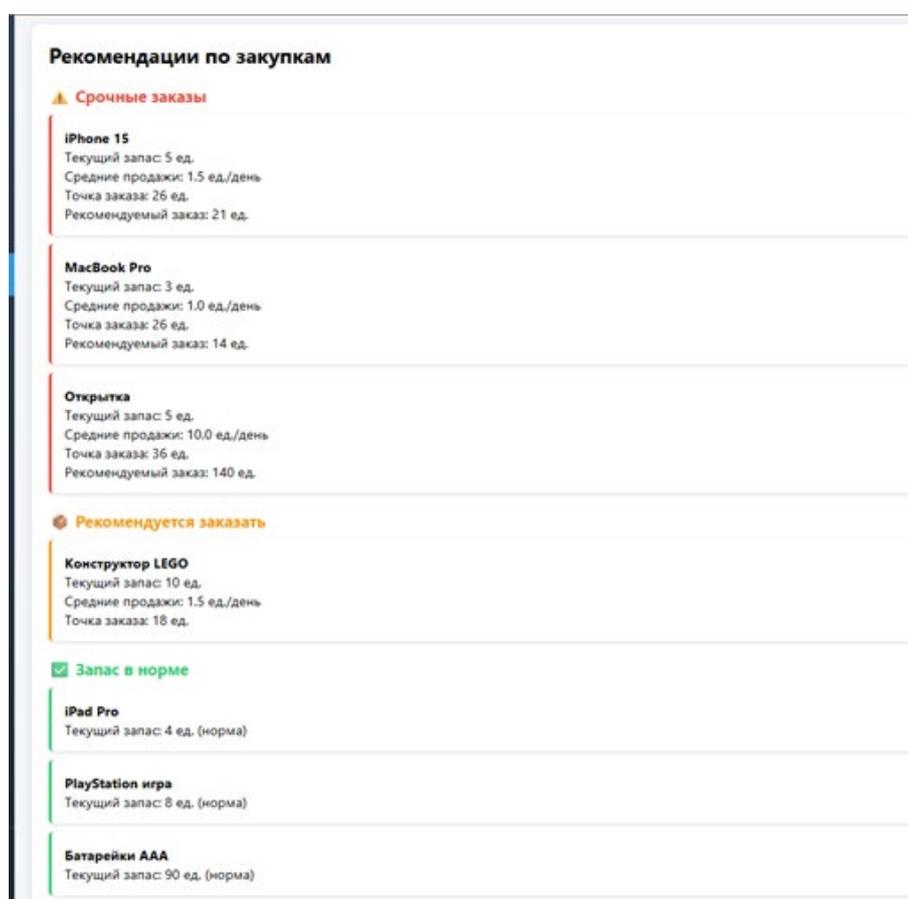


Рис. 5. Экран формирования рекомендаций по закупкам

Подводя итоги, можно отметить следующее. В результате выполнения работы была разработана веб-ориентированная информационно-аналитическая система для оптимизации управления складскими запасами. Система реализует следующие функции: учет товаров и продаж; ABC и XYZ-анализ товарного ассортимента; расчет

точки заказа и формирование рекомендаций по пополнению запасов.

Разработанное решение ориентировано на предприятия малого бизнеса и позволяет снизить риск дефицита товаров, уменьшить объем замороженных в запасах средств и автоматизировать процесс поддержки принятия решений при управлении

закупками, что соответствует современным тенденциям развития информационных систем для складского учета [12].

Дальнейшее развитие системы может включать интеграцию с внешними учетными системами, добавление модуля прогнозирования спроса на основе методов машинного обучения, а также реализацию мобильного приложения для оперативного доступа к рекомендациям.

Библиографический список

1. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок / А.Н. Стерлигова. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 432 с.
2. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок / А.А. Бочкарев. – М.: Альфа-Пресс, 2018. – 288 с.
3. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики / В.С. Лукинский. – СПб.: Питер, 2017. – 448 с.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Юрайт, 2020. – 479 с.
5. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами / Ю.И. Рыжиков. – СПб.: Питер, 2016. – 384 с.
6. Шрайбер Т.Д. Моделирование на GPSS / Т.Д. Шрайбер. – М.: Машиностроение, 2019. – 592 с.
7. Бикеева, Н. Г. Современные подходы к проектированию информационных систем / Н. Г. Бикеева, Е. А. Салтанаева //

Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 8(181). – С. 905-908. – DOI 10.34925/EIP.2025.181.8.169. – EDN BGERNT.

8. Флэнаган Д. JavaScript. Полное руководство / Д. Флэнаган. – М.: Вильямс, 2021. – 720 с.

9. Браун И. Веб-разработка с применением Node и Express / И. Браун. – М.: Вильямс, 2021. – 336 с.

10. Спирина, А. И. Исследование и разработка эффективных методов разработки и оптимизации веб-приложений / А. И. Спирина, А. В. Натальсон // Тинчуринские чтения - 2025 «Энергетика и цифровая трансформация»: статьи по материалам Международной молодежной научной конференции. В четырех томах, Казань, 23–25 апреля 2025 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 133-135. – EDN YOWBTY.

11. Моргунов Е.П. Базы данных. Проектирование и реализация с использованием СУБД PostgreSQL / Е.П. Моргунов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2020. – 288 с.

12. Захарова, А. В. Анализ информационных систем для автоматизации управления складом / А. В. Захарова, Р. С. Зарипова, А. В. Чупаев // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 11, № 5(158). – С. 113-119. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.11.016. – EDN XETUSY.

Информация об авторах

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru

Гайфуллин Самир Радикович – студент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51)

Information about the author

Saltanaeva Elena Andreevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan), e-mail: elena_maister@mail.ru

Gaifullin Samir Radikovich – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan)

УДК 004.415.2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ В КОМАНДЕ С ИНТЕГРАЦИЕЙ ТАСК-ТРЕКЕРА И МЕССЕНДЖЕРА

А.Р. Хазипова¹, С.М. Куценко¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В статье рассматривается разработка системы автоматизации управления задачами команды TeamFlow Automation System (TAS), объединяющей мессенджер, таск-трекер и сервисы интеллектуальной обработки текстовых требований. Предложена архитектура решения на основе FastAPI, Celery, n8n, PostgreSQL и Redis. Показаны ключевые сценарии применения, показатели эффективности и подход к оценке качества автоматизации.

Ключевые слова: управление задачами, автоматизация процессов, таск-трекер, мессенджер, интеграция API, большие языковые модели, workflow.

TEAM TASK MANAGEMENT AUTOMATION SYSTEM WITH TASK TRACKER AND MESSENGER INTEGRATION

A.R. Khazipova¹, S.M. Kutsenko¹

¹ Kazan State Power Engineering University

Abstract: The paper presents the development of TeamFlow Automation System (TAS), a team task management automation solution integrating a messenger, a task tracker, and intelligent requirement parsing services. The architecture is based on FastAPI, Celery, n8n, PostgreSQL, and Redis. Key use cases, performance indicators, and automation quality evaluation approaches are described.

Keywords: task management, process automation, task tracker, messenger, API integration, large language models, workflow.

В условиях цифровой трансформации деятельность проектных команд все в большей степени зависит от скорости обработки входящих требований и качества коммуникации между участниками. На практике значительная часть потерь времени связана не с выполнением задач, а с переносом информации между мессенджером, таск-трекером и внутренними сервисами контроля [1, 2].

Проблема усугубляется тем, что требования формулируются в свободной текстовой форме и часто содержат неполные или неоднозначные данные: отсутствуют сроки, не определены исполнители, не зафиксированы критерии готовности. В результате менеджер проекта выполняет

рутинную ручную обработку сообщений, что повышает риск ошибок и снижает управляемость процесса [3].

Цель исследования заключается в разработке системы автоматизации управления задачами TeamFlow Automation System (TAS), обеспечивающей автоматическое преобразование рабочих сообщений в структурированные задачи с последующим контролем их исполнения. Для достижения цели решаются задачи интеграции внешних сервисов, интеллектуального парсинга требований, оркестрации бизнес-процессов и мониторинга ключевых показателей качества.

Архитектура TAS построена по модульному принципу и включает API-слой

на FastAPI [6], механизм асинхронной обработки на Celery [7], workflow-оркестрацию на n8n [4], а также подсистемы хранения и кэширования данных на PostgreSQL [8] и Redis [9]. Внешнее взаимодействие реализуется через Telegram Bot API [5] и API таск-трекера, что обеспечивает двусторонний обмен событиями в режиме, близком к реальному времени.

Функциональный цикл системы включает последовательные этапы: прием сообщения из рабочего канала, извлечение сущностей (тип задачи, приоритет, исполнитель, срок), формирование карточки задачи в трекере, уведомление участников и запуск автоматических проверок. Для задач разработки предусмотрена проверка статусов, связанных с репозиториями и этапами выполнения, что повышает прозрачность контроля.

Ключевым элементом решения является применение больших языковых моделей для анализа естественного языка требований [10, 11]. В отличие от шаблонного подхода, интеллектуальный разбор позволяет корректно обрабатывать вариативные формулировки пользователей. При этом итоговые данные проходят проверку на соответствие правилам проекта, что снижает вероятность некорректной постановки задач.

Оценка эффективности системы выполняется по набору количественных метрик: $Accuracy = (Correctly\ Parsed\ Tasks / Total\ Tasks) \times 100\%$; $Time\ Saved = Manual\ Time - (Automated\ Time + System\ Overhead)$; $Efficiency = (Automated\ Checks / Total\ Checks) \times 100\%$. Дополнительно учитываются время создания задачи, время отклика интеграций и доступность сервиса, что позволяет комплексно оценивать как качество автоматизации, так и эксплуатационную

надежность [12].

Практическая значимость TAS состоит в сокращении рутинной нагрузки на менеджера, уменьшении задержек при постановке задач и повышении согласованности действий команды. Предложенный подход применим для проектных коллективов, работающих по Scrum и Kanban, и может адаптироваться под организационные особенности конкретного предприятия.

Если исходить из всего, что было описано, то разработанная система демонстрирует, что интеграция мессенджера, таск-трекера и интеллектуальной обработки требований формирует единую управляемую среду командной работы. Дальнейшее развитие проекта целесообразно связать с расширением аналитики, повышением точности парсинга в предметно-специфичных сценариях и внедрением механизмов самоадаптации под рабочие процессы команды.

Дополнительным фактором актуальности разработки является рост доли распределенных команд, где коммуникация происходит асинхронно и в нескольких цифровых каналах одновременно. В таких условиях традиционная ручная постановка задач формирует операционные задержки: информация дублируется, статусы обновляются несинхронно, а управленческие решения принимаются на основе неполных данных. Формирование единого контура обработки требований снижает влияние указанных потерь и повышает воспроизводимость проектных процессов [1, 3].

С точки зрения проектирования программного обеспечения TAS реализует событийно-ориентированный подход: входящее сообщение рассматривается как триггер, который запускает цепочку атомарных операций с фиксируемым журналом изменений. Это позволяет обеспечить

трассируемость каждой задачи от исходного сообщения до итогового статуса в трекере, что особенно важно для аудита и последующего анализа причин отклонений по срокам. Использование асинхронной очереди снижает нагрузку на API-слой и обеспечивает устойчивую работу при пиковых потоках событий [6, 7, 9].

Отдельное внимание уделяется качеству интеграционного слоя. На практике нестабильность внешних API, ограничения по частоте запросов и неоднородность форматов данных являются источниками технических рисков. В предложенной реализации эти риски компенсируются повторными попытками выполнения операций, идемпотентной обработкой событий и валидацией входных структур до записи в основную базу. Такой механизм уменьшает вероятность рассинхронизации между мессенджером и таск-трекером и повышает общую надежность автоматизации [4, 5, 8].

Оценка ожидаемого организационного эффекта показывает, что внедрение TAS может быть выражено не только в технических метриках, но и в управленческих показателях: сокращении времени цикла постановки задачи, снижении доли пропущенных требований и повышении прозрачности ответственности по исполнителям. Для производственной эксплуатации целесообразно использовать поэтапное внедрение: пилот на ограниченном числе команд, последующая калибровка правил парсинга и масштабирование на весь проектный контур. Такой подход снижает стоимость ошибок ранней стадии и ускоряет достижение целевых KPI [2, 3, 12].

Содержательная часть автоматизации опирается на формализованную модель данных, включающую сущности проекта, задачи, статуса, участника, интеграции и

события обработки. Для каждой задачи фиксируются источник постановки, время регистрации, параметры приоритета, история изменений и фактические временные метки перехода между стадиями. Такая структура обеспечивает возможность вычисления операционных метрик без ручной агрегации и формирует основу для объективной оценки производительности команды [8, 12].

В прикладном контуре целесообразно выделять два уровня логики обработки: базовый и интеллектуальный. На базовом уровне выполняются детерминированные правила валидации (обязательные поля, допустимые статусы, проверка дедлайнов), на интеллектуальном - семантический анализ текста сообщения и уточнение параметров задачи с использованием LLM. Разделение уровней повышает устойчивость системы: при временной недоступности интеллектуального компонента базовый контур продолжает работу и поддерживает непрерывность бизнес-процесса [6, 7, 10].

Для практического внедрения в организации предлагается пилотный сценарий из трех этапов. Первый этап включает подключение ограниченного числа рабочих чатов и запуск автоматического создания задач только для типовых запросов. На втором этапе выполняется калибровка правил парсинга, настройка приоритетов уведомлений и адаптация статусов под регламент команды. Третий этап предполагает масштабирование решения на несколько проектных групп с сопоставлением целевых и фактических KPI по единой методике оценки [2, 4].

С позиции управления рисками наиболее существенными являются ложноположительные срабатывания при интерпретации сообщений, дублирование задач и

деградация качества внешних интеграций при росте нагрузки. Для минимизации указанных рисков необходимы механизмы дедубликации, подтверждение критичных действий пользователем и мониторинг SLA внешних сервисов. Дополнительно рекомендуется использовать журнал инцидентов с классификацией причин, что позволяет итеративно улучшать правила обработки и сокращать повторяемость ошибок [3, 5, 9].

Экономический эффект внедрения TAS может быть представлен через снижение трудозатрат менеджера и сокращение времени операционного цикла задачи. Даже при умеренной автоматизации рутинных операций система обеспечивает высвобождение рабочего времени, которое может быть перераспределено на контроль качества и стратегическое планирование. При накоплении истории выполнения задач формируется база для предиктивной аналитики, позволяющей заранее выявлять перегруженные участки процесса и корректировать план ресурсов до возникновения срывов сроков [1, 3, 11].

Перспективное развитие исследования связано с расширением доменно-специфичных словарей, внедрением контекстно-зависимых политик приоритизации и адаптивным выбором сценария обработки по типу входящего запроса. В научно-практическом плане это открывает возможность перехода от автоматизации отдельных действий к построению интеллектуальной системы поддержки управления проектом, в которой решения обрабатываются на основе совокупности коммуникационных, процессных и временных данных [10, 12].

Библиографический список

1. A Guide to the Project Management

Body of Knowledge (PMBOK Guide). 7th ed. [Текст]. Newtown Square (PA): Project Management Institute, 2021.

2. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://scrumguides.org> (дата обращения: 18.02.2026).

3. Forsgren N., Humble J., Kim G. Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps [Текст]. Portland: IT Revolution Press, 2018.

4. n8n documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.n8n.io> (дата обращения: 18.02.2026).

5. Telegram Bot API [Электронный ресурс]. URL: <https://core.telegram.org/bots/api> (дата обращения: 18.02.2026).

6. FastAPI documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://fastapi.tiangolo.com> (дата обращения: 18.02.2026).

7. Celery documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.celeryq.dev> (дата обращения: 18.02.2026).

8. PostgreSQL documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.postgresql.org/docs> (дата обращения: 18.02.2026).

9. Redis documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://redis.io/docs/latest/> (дата обращения: 18.02.2026).

10. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention Is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 5998-6008.

11. Brown T.B., Mann B., Ryder N. et al. Language Models are Few-Shot Learners // Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 1877-1901.

12. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality

models [Текст]. Geneva: ISO, 2011.

Информация об авторах

Хазипова Арина Римовна – студент 4 курса, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: +7(917)414-56-63, e-mail: arinaakhh@mail.ru

Куценко Светлана Мунавировна – доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

Information about the author

Arina R. Khazipova – 4th-year student, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), ph.: +7(917)414-56-63, e-mail: arinaakhh@mail.ru

Svetlana M. Kutsenko – associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

УДК 004.942

РАЗРАБОТКА МОДУЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ДОМОМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP8266

А.Г. Юрьев¹, Л.А. Коробова²

¹ *Воронежский государственный университет инженерных технологий*

² *ООО «Компания «Технопарк-В»*

Аннотация: В статье рассматривается архитектура распределенной системы управления умным домом на базе микроконтроллера ESP8266. Предложена модульная архитектура с использованием конечных автоматов для обработки команд управления, реализованная в среде Arduino IDE. Разработана экспериментальная модель, включающая подсистемы управления освещением, вентиляцией и системой обогрева пола. Представлены результаты тестирования.

Ключевые слова: IoT, ESP8266, библиотека, система управления, умный дом, микроконтроллер, конечный автомат, распределенная архитектура.

DEVELOPMENT OF MODULES FOR A CONTROL SYSTEM SMART HOME BASED ON THE ESP8266 MICROCONTROLLER

A.G. Yuryev¹, L.A. Korobova²

¹ *Voronezh State University of Engineering Technologies*

² *Technopark-V LLC*

Abstract: This article examines the architecture of a distributed smart home control system based on the ESP8266 microcontroller. A modular architecture using finite state machines for processing control commands, implemented in the Arduino IDE, is proposed. An experimental model has been developed, including control subsystems for lighting, ventilation, and an underfloor heating system. Test results are presented.

Keywords: IoT, ESP8266, library, control system, smart home, microcontroller, finite state machine, distributed architecture.

Развитие технологий Интернета вещей (IoT) открывает новые возможности для создания интеллектуальных систем

управления зданиями. Согласно прогнозам аналитических агентств, рынок систем домашней автоматизации демонстрирует

устойчивый рост с ежегодным приростом 11-15%. Ключевыми требованиями к современным системам умного дома являются энергоэффективность, надежность, масштабируемость и доступность [1]. Традиционные решения в области домашней автоматизации базируются на централизованных архитектурах с использованием дорогостоящих контроллеров промышленного уровня или облачных платформ [2]. Это создает риски отказа при потере связи с центральным узлом и повышает стоимость внедрения.

На современном рынке систем умного дома представлены различные подходы к автоматизации. *Коммерческие облачные решения.* Системы типа Яндекс Алиса, Google Home, Amazon Alexa предоставляют удобный пользовательский интерфейс с голосовым управлением, однако требуют постоянного подключения к интернету и передачи данных на удаленные серверы, что создает проблемы конфиденциальности и зависимости от внешней инфраструктуры [3]. *Проводные системы автоматизации.* Решения на базе протоколов KNX, BACnet обеспечивают высокую надежность, но требуют значительных капитальных затрат на этапе монтажа и сложны в модернизации. *Открытые платформы.* Проекты Home Assistant, OpenHAB предоставляют гибкость настройки, но требуют выделенного сервера и обладают порогом входа для конечных пользователей [4]. *Микроконтроллеры* семейства ESP8266 производства Espressif Systems сочетают низкую стоимость (~300 RUB), встроенный модуль Wi-Fi 802.11 b/g/n и достаточную вычислительную мощность (процессор Tensilica L106 80/160 МГц, 80 КБ ОЗУ), что делает их перспективной платформой для построения распределенных систем управления [5, 6].



Рис. 1. Микроконтроллер WeMos D1 mini NodeMcu Lua WIFI на базе ESP8266

Цель работы: разработка и экспериментальное исследование модулей и системы управления умным домом на базе микроконтроллера ESP8266 (рисунок 1).

Задачи исследования:

1. Разработать модульную архитектуру системы с использованием паттерна конечных автоматов для обработки команд управления.
2. Создать экспериментальную модель с подсистемами (модулями) освещения, вентиляции и обогрева.
3. Оценить возможности масштабирования предложенного решения.

Этап 1. Разработка модульной архитектуры системы.

Разработанная архитектура системы управления умным домом построена на основе децентрализованного подхода, где каждый функциональный модуль представляет собой автономный узел на базе микроконтроллера ESP8266. Для создания программируемой части архитектуры используется язык программирования Arduino.

Для связи между IoT устройствами будет использоваться мессенджер Telegram. Ключевыми принципами проектирования стали.

Модульность и независимость: каждая подсистема (освещение, вентиляция, обогрев пола) функционирует автономно,

что обеспечивает отказоустойчивость системы в целом.

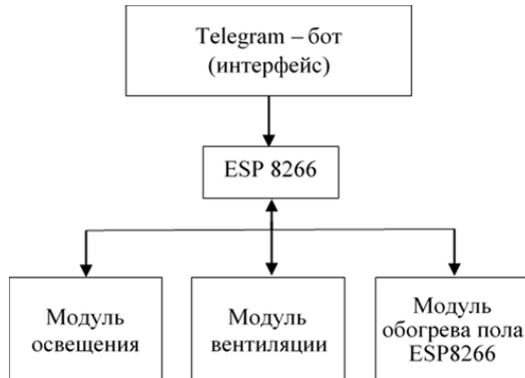


Рис. 2. Структурная схема системы

Единый протокол коммуникации: все модули используют стандартный стек сетевых протоколов (Wi-Fi, TCP/IP) для взаимодействия с управляющим интерфейсом. Для коммуникации между IoT устройствами необходимо использовать библиотеку UniversalTelegramBot языка Arduino [2]. Формат сообщений в данной библиотеке — JSON, что обеспечивает читаемость и простоту парсинга при ограниченных ресурсах. Взаимодействие между модулями системы будет организовано по топологии «звезда», где ESP8266 подключен к одной точке доступа Wi-Fi [7].

Минималистичный конечный автомат: для обработки состояний каждого устройства реализован упрощенный конечный автомат с тремя базовыми состояниями: ожидание, обработка команды, исполнение.

Предложенная система построена на принципах распределенной архитектуры (рисунок 2), где каждый узел на базе ESP8266 [8] выполняет следующие функции:

- локальное управление исполнительными устройствами;
- обработка данных датчиков;
- реализация алгоритмов

автоматического управления;

- обмен данными с центральным сервером через библиотеку UniversalTelegramBot.

Этап 2. Создание экспериментальной системы. Создание экспериментальной системы можно разбить на несколько пунктов:

- создание Telegram бота при помощи BotFather;
- разработка ПО модулей освещения, вентиляции и обогрева пола на программируемой плате ESP8266;
- сборка и пайка модулей освещения, вентиляции и обогрева пола.

Этап 2.1. Создание Telegram бота.

Для создания Telegram бота использован встроенный в мессенджер помощник BotFather. Он используется для создания новых ботов, а также для управления ими. Для начала работы необходимо отправить команду `"/start"`, затем для создания нового бота прописать команду `"/newbot"` после чего необходимо дать имя своему боту, которое будут видеть пользователи, и уникальный username с помощью которого его можно будет найти. Затем, BotFather отправит сообщение с api токеном бота. Токен в Telegram — это уникальный секретный ключ (API-ключ), который идентифицирует бота и служит паролем для взаимодействия с серверами Telegram, позволяя внешним программам (CRM-системам, сайтам) управлять ботом, отправлять сообщения и получать данные. С помощью токена будет осуществляться коммуникация модулей и передача данных.

Этап 2.2 Архитектура и логика программного кода [9, 10].

Разработанное программное обеспечение построено по модульному принципу с четким разделением функциональности.

Архитектура системы включает следующие ключевые компоненты:

– модуль сетевого взаимодействия - отвечает за подключение к сети Wi-Fi и поддержание стабильного соединения;

– модуль работы с Telegram API - обеспечивает прием и отправку сообщений через Telegram Bot API;

– система команд и меню - реализует иерархическую структуру управления устройствами;

– драйверы устройств - управляют конкретными исполнительными устройствами (реле, датчики).

Центральным элементом архитектуры является система обработки команд, построенная на основе массива структур, каждая из которых связывает текстовую команду с соответствующей функцией-обработчиком. Такой подход обеспечивает простоту добавления новых команд и поддержания кода. Система команд реализована через массив структур типа Command, где каждый элемент содержит текстовое представление команды и указатель на функцию-обработчик [11]. Для поиска команды используется линейный поиск по массиву, что приемлемо при небольшом количестве команд, но может стать узким местом при значительном расширении функциональности. Обработка команд включает не только непосредственное управление устройствами (включение/выключение), но и изменение состояния глобальных переменных, отслеживающих текущий статус устройств. Такой подход упрощает реализацию, но затрудняет масштабирование системы и добавление новых типов устройств [12, 13].

Этап 2.3. Сборка и пайка модулей.

Для обработки логики команд и управления модулями экспериментальной

модели понадобится микроконтроллер ESP8266. В качестве управляемого переключателя для вентилятора и умного пола выступает 2 транзистора IRL2203N. Они отвечают за состояние модулей (Вкл/Выкл). Для подключения системы к сети используется блок питания 24В 2А. В качестве модели «обогрева пола» используется нагревательная пластина 12В, для замера температуры - датчик температуры (цифровой термометр) DS18B20, для модели вентиляции - небольшой кулер для ПК на 12В 0.15А, в качестве модели освещения будет выступать диод. Элементы используют напряжение в 12В, поэтому понадобится понижающий DC-DC преобразователь напряжения LM2596S с регулировкой выходящего напряжения (рисунок 3).

Так как микроконтроллер и датчик температуры потребляет всего 5В понадобится еще стабилизатор напряжения L7805CV, который понизит напряжение до нужных значений. После чего необходимо подсоединить + и – блока питания с входами на DC-DC преобразователе (IN+, IN-) (рисунок 4).

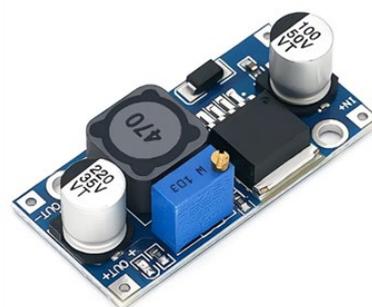


Рис. 3. Понижающий DC-DC преобразователь напряжения LM2596S

Выход OUT+ необходимо спаять с + проводами от кулера, нагревательной пластины и еще 1 провод для микроконтроллера. Необходимо скрутить данные провода и спаять вместе, после чего

изолировать соединение термоусадкой. Также необходимо поступить и с проводами, имеющими отрицательное напряжение (также добавить -провод от датчика температуры), подпаяв их на выход OUT- (см. рис. 4). Далее необходимо подключить +провод, который пойдет для микроконтроллера на стабилизатор напряжения на 1 ножку (рисунки 5).



Рис. 4. Подключение DC-DC преобразователя



Рис. 5. Распиновка стабилизатора L7805CV: 1 - вход, 2 - земля, 3 - выход

«-» провод необходимо подключить на 2 ножку (см. рис. 5). На 3 ножку (см. рис. 5) стабилизатора необходимо припаять 2 провода, один из них пойдет на «+» микроконтроллера, другой на «+» датчика температуры. Обязательно необходимо изолировать все соединения термоусадками, дабы избежать короткого замыкания. Далее подключение проводов к датчику температуры.

«+» провод, идущий от стабилизатора напряжения, необходимо подпаять на 3 ножку (см. рис. 6) датчика температуры. «-» провод, идущий от DC-DC

преобразователя, подключается к ножке 1 (см. рис. 6). К 2 ножке (см. рис. 6) подключается провод, который передает данные на микроконтроллер пин D7 (см. рис. 7). Из пина G на плате (см. рис. 7) подключен «-» провод, который идет на выход DC-DC преобразователя OUT- (см. рис. 4). На пин 5V (см. рис. 7) подключен «+» провод от стабилизатора напряжения. Также на пин D3 (см. рис. 7) подпаяна «+» ножка диода, а на пин G (см. рис. 7) «-» ножка.



(ВИД СНИЗУ)

Рис. 6. Распиновка датчика температуры: 1 – земля, 2 – данные, 3 – питание

Из пина D6 и D5 (см. рис. 7) подключаются провода данных (управления) на 2 транзистора ножки 1 (см. рис. 8).



Рис. 7. Плата ESP 8266 и ее распиновка

От ножки 2 (см. рис. 8) подключается - провод от вентилятора и нагревательной пластины, на каждый транзистор свой провод. От ножки 3 (см. рис. 8) -провод от преобразователя напряжения DC-DC (Ножки 3

транзисторов предварительно спаяны). Получаем работающую экспериментальную модель умного дома, включающую в себя модули обогрева пола, вентиляции и света [2, 12].

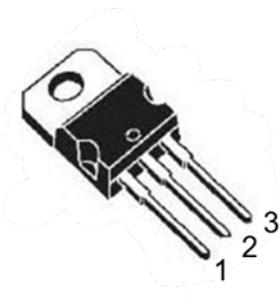


Рис. 8. Распиновка транзистора: 1 – затвор, 2 – сток, 3 – исток

Этап 3. Возможности масштабирования предложенного решения.

Система управления умным домом успешно реализована в рамках экспериментальной модели. При рассмотрении перспектив масштабирования появляются определенные ограничения. Вычислительные ресурсы ESP8266 (80 КБ ОЗУ, процессор 80-160 МГц) накладывают ограничения на сложность реализуемых алгоритмов управления. При увеличении количества обрабатываемых сенсоров и исполнительных устройств наблюдается фрагментация динамической памяти, приводящая к нестабильной работе системы после 48-72 часов непрерывной работы. Данная проблема решается при соблюдении правила «один контроллер – одно устройство». Также экспериментальная модель не может быть применима к реальной жизни в текущем состоянии, т.к. проводка в доме имеет совершенно другое напряжение сети, но общая схема реализации будет схожа с экспериментальной моделью. Реализация системы «умного дома» требует вмешательства в проводку, что может быть опасно для жизни. Поэтому система масштабируема с

некоторыми изменениями и может быть применима в реальной жизни. Схожими методами подключения можно добавить почти любое устройство сделав его «умным». В ходе проведенного исследования была успешно разработана, реализована и протестирована распределенная система управления умным домом на базе микроконтроллера ESP8266.

Эксперимент подтвердил, что предложенное решение эффективно для сегментированных систем с ограниченным количеством устройств на один контроллер. Установлено, что ресурсов ESP8266 достаточно для реализации базовых алгоритмов автоматизации и взаимодействия через чат-бот. Выявлены ограничения, связанные с объемом оперативной памяти и производительностью процессора, которые могут потребовать оптимизации кода или перехода на более мощные платформы (например, ESP32) при значительном увеличении количества сенсоров и логики управления в рамках одного узла. Принципы подключения и управления, отработанные на модели, масштабируемы на реальные бытовые устройства с учетом необходимости работы с сетевым напряжением и соблюдения мер электробезопасности. Разработанная система отвечает ключевым требованиям современного рынка: энергоэффективность, отказоустойчивость за счет децентрализации, масштабируемость и низкая стоимость внедрения. Основным направлением для дальнейших исследований видится оптимизация энергопотребления узлов в автономном режиме и повышение безопасности коммуникаций (отказ от метода `setInsecure()`).

Библиографический список

1. Николенко, Г. Р. Разработка

программного модуля для управления проектом на платформе ELMA / Г. Р. Николенко, Л. А. Коробова // Наука сегодня: глобальные вызовы, пути развития: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции, Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Манускрипт", 2023. – С. 68-73. – EDN JHVHYU.

2. Николенко, Г. Р. Модификация кода робота-пылесоса для внедрения в систему умный дом / Г. Р. Николенко, Л. А. Коробова // Материалы студенческой научной конференции за 2021 год, Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2021. – С. 49-50. – EDN QHYXFI.

3. Толстова, И. С. Чат-бот как инструмент интеграции с системами видеонаблюдения / И. С. Толстова, А. А. Остапенко // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 4(38). – С. 106-111. – EDN NSKJDF.

4. Петин В. А. П29 Создание умного дома на базе Arduino. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 180 с.

5. Петин, В. А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things / В. А. Петин. Санкт-Петербург: БХВ-. Петербург, 2017. 319 с.

6. Айзерман М.А., Гусев Л. А., Розоноэр

Л.И., Смирнова И. М., Таль А.А., Логика. Автоматы. Алгоритмы. М., Физматгиз, 1963г., 553 стр. с илл.

7. Петин, В. Новые возможности Arduino, ESP, Raspberry Pi в проектах IoT / В. Петин. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2022. – 319 с.

8. Рылева, Д. А. Разработка детерминированной модели учета потерь сигнала при расчете сетей беспроводной связи / Д. А. Рылева, Л. А. Коробова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2019. – № 2(16). – С. 39-40. – EDN SYFALW.

9. Петров, И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров; под редакцией В. П. Дьяконова. — Москва: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с.

10. А.А. Тюгашев. Основы программирования. Часть I. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 160 с.

11. А.А. Тюгашев. Основы программирования. Часть II. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 116 с.

12. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. В 3-х т. Т. 1. 4-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 704 с.

13. Ли П. Архитектура интернета вещей / П. Ли. - Москва: ДМК Пресс, 2019. - 454 с

Информация об авторах

Юрьев Артем Геннадиевич – студент 2 курса бакалавриат, направления прикладная информатика, Воронежский Государственный Университет Инженерных Технологий (394036, Россия, Воронеж, проспект Революции, 19), тел: 8(952)103-39-12, e-mail: artem.yurev.2006@mail.ru

Коробова Людмила Анатольевна – доцент, кандидат технических наук, ООО «Компания «Технопарк-В» (394029, г. Воронеж, Набережная Авиастроителей, д. 4А), тел: 8(903)650-65-11, e-mail: Lyudmila_korobova@mail.ru

Information about the author

Yuryev Artem Gennadievich – first-year undergraduate student, Applied Computer Science, Voronezh State University of Engineering Technologies (19 Revolyutsii Avenue, Voronezh, 394036, Russia), tel.: +7(952)103-39-12, e-mail: artem.yurev.2006@mail.ru

Korobova Lyudmila Anatolyevna – Associate Professor, PhD in Engineering, Technopark-V Company LLC (4A Aviastroiteley Embankment, Voronezh, 394029), tel.: +7(903)650-65-11, e-mail: Lyudmila_korobova@mail.ru

УДК 004.8

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОКУПКИ АКЦИЙ

Т.В. Азарнова¹, А.В. Долгова¹

¹ Воронежский государственный университет

Аннотация: В данной статье представлен проект разработки рекомендательной системы для покупки акций, реализованной в виде веб-приложения. Рекомендательная система служит эффективным средством поддержки принятия решений при покупке акций начинающими инвесторами. Алгоритмическое обеспечение рекомендательной системы для решения задач прогнозирования стоимости акций базируется на комплексе алгоритмов машинного обучения, используются как индивидуальные, так и ансамблевые методы. Приложение реализовано на языке программирования Python с использованием Django и библиотек машинного обучения.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование временных рядов, фондовый рынок, веб-приложение, Python, рекомендательная система

DEVELOPING A RECOMMENDATION SYSTEM FOR BUYING SHARES

T.V. Azarnova¹, A.V. Dolgova¹

¹ Voronezh state University

Abstract: This article presents the development of a web application for stock price forecasting and making trading recommendations. The key feature is the best model from the pool of algorithms, which includes individual machine learning methods and ensembles. The application is implemented in Python using Django and machine learning libraries.

Keywords: machine learning, time series forecasting, stock market, web application, Python, recommendation system.

Статья посвящена разработке рекомендательной системы для покупки акций. Цифровая трансформация финансовых рынков и рост популярности частного инвестирования создают устойчивый спрос на интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Однако фондовый рынок характеризуется высокой волатильностью, нестационарностью и сложной структурой взаимосвязей, что делает задачу прогнозирования динамики цен акций нетривиальной. Существующие аналитические платформы такие как Bloomberg Terminal, TradingView, мобильные приложения брокеров либо требуют специальной подготовки, либо предлагают упрощенный функционал без интегрированных механизмов AI-прогнозирования, особенно в бесплатном доступе. Это создает нишу для

разработки сбалансированного решения, сочетающего глубину анализа с доступностью для начинающих инвесторов. Таким образом, целью данной работы является разработка рекомендательной системы для покупки акций, реализованной в виде веб-приложения, которое позволяет анализировать тренд цен и формировать краткосрочный прогноз на основе адаптивного выбора оптимальной прогнозной модели.

Приложение рассчитано на начинающих инвесторов. Предполагается, что благодаря ему они смогут принимать обоснованные решения о целесообразности покупки акций конкретной компании, а также отслеживать оптимальные моменты для покупки или продажи, либо ждать подходящего времени для сделок. Пользовательский сценарий представлен на

рисунке 1.

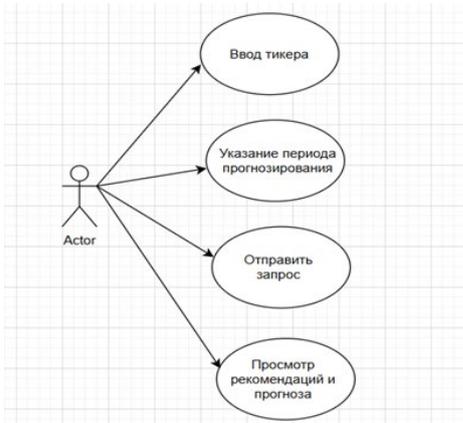


Рис. 1. Пользовательский сценарий

Разработанное приложение представляет собой клиент-сервер архитектуру.

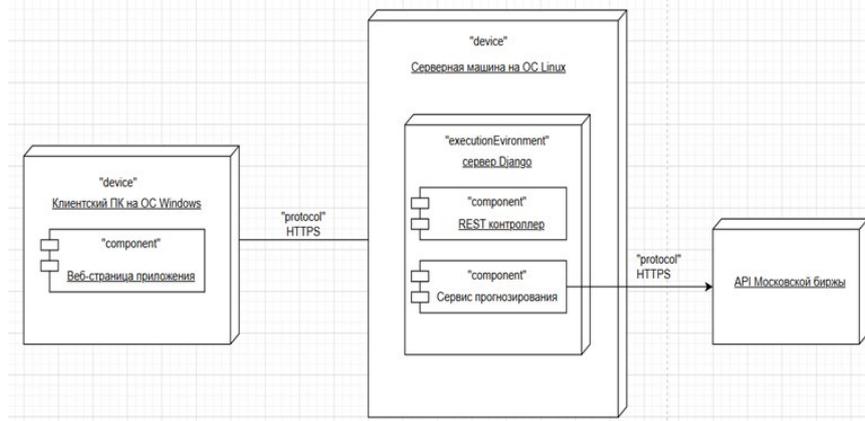


Рис. 2. Архитектура веб-приложения

Для обеспечения работы прогнозного модуля был реализован комплексный пайплайн обработки данных. Исторические данные получают через API Московской биржи и включают цены открытия, закрытия, минимума, максимума и объемы торгов. На их основе формируется расширенный набор признаков, включающий лаговые значения цен за 1-15 дней, технические индикаторы (RSI, MACD, Полосы Боллинджера), скользящие статистики и временные характеристики. Такой подход

Backend-часть реализована на Python с использованием Django Framework и специализированных библиотек. Frontend-часть сделана с применением HTML, CSS с библиотекой Bootstrap и JavaScript. Клиент и сервер взаимодействуют между собой по HTTPS-протоколу. Сервер работает на Django, в нем можно выделить два основных модуля: контроллер, который принимает HTTPS-запросы с клиента, и сервис прогнозирования, содержащий основную логику для построения прогноза. Помимо этого, сервис прогнозирования запрашивает данные по компаниям и акциям компании с API Московской Биржи (см. рисунок 2.).

позволяет моделям учитывать автокорреляцию, тренды, волатильность и сезонные эффекты, характерные для финансовых временных рядов.

Для подготовки датасета формируется список признаков для анализа, исключая из общего набора данных те колонки, которые не должны участвовать в обучении модели. Далее следует этап разделения данных на обучающую и тестовую выборки с учетом специфики временных рядов, а также масштабирование признаков.

Для построения прогнозов был реализован комплексный подход, основанный на конкурсном отборе оптимальной модели из алгоритмов машинного обучения. Данный пул включает две основные категории методов, такие как классические индивидуальные алгоритмы и ансамбли моделей. К индивидуальным моделям относятся RandomForest, XGBoost, LightGBM, GradientBoosting, NeuralNetwork, LSTM_GRU, SVR, ElasticNet. Параллельно с ними рассматриваются ансамблевые подходы Voting Regressor, Stacking Regressor, и кастомный Weighted Ensemble. Выбор модели для построения прогноза начинается с получения конфигурации всех доступных моделей. Происходит последовательная обработка каждой модели из конфигурации. После завершения поиска оптимальных параметров лучшая модель и найденные оптимальные параметры записываются в словари, также результаты выводятся в консоль с указанием лучших параметров и значения MSE. Различные модели собираются в ансамбли с целью использовать совокупные результаты для агрегации, с расчетом на то, что такая модель сможет давать наиболее точные прогнозы. Созданные ансамбли сохраняются в словарь для последующего использования. После этого происходит обучение моделей ансамбля. Таким образом, функция формирует три различных типа ансамблей, каждый из которых использует разные подходы к комбинированию базовых моделей, что позволяет получить более устойчивые и точные предсказания. Процесс оценки начинается с создания пустой pandas DataFrame для хранения метрик metrics_df. Затем происходит объединение всех доступных моделей в единый словарь и для каждой модели из объединённого словаря выполняется

получение предсказаний.

После расчёта всех метрик для конкретной модели заполняется DataFrame соответствующими значениями, а результаты сохраняются в словарь results.

По завершении оценки всех моделей функция сортирует результаты по значению RMSE и возвращает DataFrame с метриками. Таким образом, функция обеспечивает комплексную оценку производительности всех моделей с формированием структурированного отчёта, который позволяет сравнить эффективность различных подходов к прогнозированию.

На этом заканчивается обучение. Далее берется модель с меньшим RMSE как та, которая будет осуществлять прогноз. Функция predict_future_prices предназначена для рекурсивного прогнозирования цен акций на заданный период в будущем. Процесс прогнозирования начинается с выбора лучшей модели из набора обученных моделей. Затем создаётся копия последних доступных данных для прогнозирования. Функция определяет последнюю известную дату в данных — если она не была предоставлена как параметр, используется максимальная дата из имеющихся данных. Далее происходит подготовка признаков для прогнозирования путём формирования списка колонок, исключая целевые переменные и временные метки.

По завершении всех итераций формируется DataFrame с результатами прогнозирования, содержащий даты и соответствующие прогнозные цены. Дополнительно создаётся словарь с информацией о прогнозе, включающий название использованной модели, последнюю дату обучения, горизонт прогнозирования и доверительный интервал.

В результате функция

predict_future_prices возвращает результаты в виде DataFrame с прогнозами и словаря с дополнительной информацией, что позволяет использовать их для дальнейшего анализа или визуализации. При разных исходных данных лучшей моделью может оказаться почти любая из используемых индивидуальных и ансамблевых моделей.

После результатов прогноза делается запрос к МосБирже для сбора справочных данных о компании и формирования отчета о ней.

Важным компонентом системы является модуль формирования торговых рекомендаций. Он анализирует не только прогнозные значения цен, но и дополнительные параметры: ожидаемую доходность, силу тренда, уровни волатильности и заданную пользователем толерантность к риску. На основе комплексного анализа генерируется одна из трех рекомендаций — «Купить», «Продать» или «Придержать» — с указанием целевой цены, уровня стоп-лосса и детальным обоснованием.

Продемонстрируем работу веб-приложения. При попадании пользователя на стартовую страницу веб-приложения ему открывается для заполнения форма в два поля ввода. В верхнее поле с названием «Тикер компании» пользователь может ввести тикер компании, для которой нужно сделать прогноз. Нижнее поле «Сделать прогноз на ... дней» служит для ввода периода прогнозирования. Кнопка «Сделать прогноз» запускает процесс анализа данных и получения прогноза. Форма представлена на рисунке 3.

В итоге работы приложения на страницу выведется блок с информацией об акциях компании, тикер которой ввел пользователь. Пользователь сможет увидеть стоимость акций на данный момент, изменение

цены за день, неделю, месяц, год, а также страну и биржу торгов (рис.4).

Рис. 3. Форма ввода



Рис. 4. Прогноз стоимости акций

Далее будет располагаться блок с рекомендациями, который подскажет стоит ли покупать акции этой компании, какая будет целевая цена у них, уровень риска и пояснение почему была дана такая рекомендация (рис. 5).

Рис. 5. Форма блока рекомендаций

Пользователю демонстрируется также график с историческими данными о цене акции и прогнозными значениями цены. При наведении на график, появляются дополнительные возможности

управления им: изменения зума, сохранения полученного графика в качестве картинки формата png, выделение конкретных областей на нем (рис.6).



Рис. 6. Визуализация прогноза стоимости акций

Таким образом, в ходе работы было создано веб-приложение для прогнозирования цен на акции и формирования торговых рекомендаций. Получен функционирующий прототип, который предоставляет бесплатный доступ к функциям AI-прогнозирования через интуитивно понятный веб-интерфейс. Перспективы развития проекта включают добавление анализа портфеля ценных бумаг, интеграцию дополнительных источников данных и расширение пула прогнозных моделей за счет алгоритмов глубокого обучения.

Библиографический список

1. Воронина, В. В. Теория и практика машинного обучения: учебное пособие / В. В. Воронина, А. В. Михеев, Н. Г. Ярушкина, К. В. Святков. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 290 с.
2. Хенрик Б., Джозеф Р., Марк Ф. Машинное обучение. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
3. Себастьян Р. Python и машинное обучение. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 418 с.

Информация об авторах

Азарнова Татьяна Васильевна – доктор технических наук, профессор кафедры математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1), e-mail: ivdas92@mail.ru

Долгова Анна Витальевна - студент кафедры математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1), e-mail: nn.vaaa@gmail.com

Information about the author

Tatyana V. Azarnova, doctor of technical Sciences, Professor of the Department of Mathematical methods of operations research, Voronezh state University (394018, Russia, Voronezh, University Square, 1), e-mail: ivdas92@mail.ru

Anna V. Dolgova, student of the Department of Mathematical methods of operations research, Voronezh state University (394018, Russia, Voronezh, University Square, 1), e-mail: nn.vaaa@gmail.com

УДК 519.688

**ВНЕДРЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРАКТИКУ
МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ****А.Л. Хакимова¹, Е.А. Салтанаева¹**¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассматриваются современные подходы к диагностике сахарного диабета на основе методов машинного обучения. Проведен обзор и сравнительный анализ классических статистических моделей, ансамблевых алгоритмов и нейросетевых архитектур. Обсуждаются перспективы применения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в клинической практике, а также ключевые проблемы их внедрения.

Ключевые слова: нейросетевые технологии, медицинская диагностика, машинное обучение, ансамблевые методы, сахарный диабет.

**IMPLEMENTATION OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES
IN MEDICAL DIAGNOSTICS PRACTICE****A.L. Khakimova¹, E.A. Saltanaeva¹**¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article reviews modern approaches to the diagnosis of diabetes mellitus based on machine learning methods. A review and comparative analysis of classical statistical models, ensemble algorithms, and neural network architectures is carried out. The prospects for the use of intelligent decision support systems in clinical practice, as well as the key challenges of their implementation, are discussed.

Keywords: neural network technologies, medical diagnostics, machine learning, ensemble methods, diabetes mellitus.

Современная медицина переживает период стремительной трансформации, вызванной как ростом объемов диагностической информации, так и повышением требований к скорости и точности клинических решений [1]. В этих условиях растет риск субъективных ошибок, позднего выявления заболеваний и, как следствие, неоптимального выбора тактики лечения. Особенно остро эта проблема стоит в таких областях, как онкология, неврология, кардиология и эндокринология, где ранняя и точная диагностика напрямую определяет прогноз для жизни пациента. Однако накопление данных само по себе не решает диагностических задач – необходим интеллектуальный инструмент, способный извлекать из этого массива скрытые закономерности и представлять их в форме, удобной для принятия врачебных решений.

В последние годы машинное обучение продемонстрировало большой потенциал в области медицинского прогнозирования, призванного помочь специалистам быстро и точно ставить клинические диагнозы на ранних стадиях [2]. Особенно остро эта проблема стоит в области социально значимых заболеваний, таких как сахарный диабет. По данным ВОЗ, с 1990 по 2022 годы количество людей в мире, живущих с диабетом, большая часть которого приходится на инсулиннезависимый диабет 2 типа, выросло с 200 миллионов до 830 миллионов человек. Диабет может привести к серьезным осложнениям, таким как слепота, почечная недостаточность, инфаркт миокарда, инсульт и ампутация нижних конечностей.

Перспективно применение моделей машинного обучения и искусственного

интеллекта в создании персонализированных систем прогнозирования диабета [3]. Искусственные нейронные сети (ИНС) представляет собой самообучающийся аппаратный прототип нейрона коры головного мозга с конкретно задаваемой структурой и уникальной классифицирующей способностью. На сегодняшний день существует множество моделей используемых архитектур ИНС, которые различаются своей вычислительной сложностью, степенью сходства с живыми нейронами головного мозга, а также обладающие исключительной и единственной в своем создании уникальностью. В связи с этим ИНС не подлежат стандартам каких-либо классификаций в сравнении с традиционными статистическими методами [4].

Несмотря на сложность однозначной классификации архитектур ИНС, в научной литературе принято выделять несколько исторических этапов эволюции методов машинного обучения, которые последовательно расширяли инструментарий медицинской диагностики. Понимание этой эволюции позволяет проследить, как от простых статистических моделей исследователи пришли к сложным нейросетевым архитектурам, способным решать задачи персонализированного прогнозирования. Рассмотрим эти этапы подробнее [5].

Первый этап (1990-е гг.) базировался на простых статистических моделях, таких как логистическая регрессия и регрессия Кокса, которые заложили основу для анализа факторов риска диабета 2 типа.

Второй этап ознаменовался внедрением алгоритмов, выявляющих нелинейные зависимости: деревья решений, случайный лес (random forest), градиентный бустинг (gradient boosting, xgboost), LightGBM, CatBoost (Categorical Boosting),

а также метод опорных векторов SVM (Support Vector Machine). Большинство перечисленных методов (за исключением SVM) являются ансамблевыми – они объединяют множество слабых моделей для повышения точности и устойчивости прогнозов. К их ключевым преимуществам относятся интерпретируемость, устойчивость к шуму и высокая точность.

Третий этап связан с глубоким обучением и анализом больших неструктурированных данных. Глубокие нейронные сети DNN (deep neural network), рекуррентные нейронные сети RNN (recurrent neural network), сверточные нейронные сети CNN (convolutional neural network), многослойные перцептроны MLP (multilayered perceptron) и сети долгой краткосрочной памяти LSTM (long short-term memory) применяются для обработки молекулярно-генетических данных и медицинских изображений [3].

Количественная оценка эффективности нейросетевых технологий базируется на стандартных метриках машинного обучения: точность (accuracy), полнота (recall), F1-мера, площадь под ROC-кривой (AUC), а также клинически значимых показателях – чувствительности и специфичности. В медицинской диагностике особое значение имеют полнота и F1-мера, поскольку они отражают способность модели минимизировать ложноотрицательные результаты – случаи, когда заболевание остается нераспознанным. Высокая полнота критически важна для своевременного выявления пациентов, нуждающихся в лечении, даже ценой некоторого увеличения ложноположительных срабатываний.

Целью исследования является определение наиболее эффективного метода машинного обучения для классификации

сахарного диабета путем сравнительного анализа работы классических статистических моделей, ансамблевых алгоритмов и нейросетевых архитектур. В качестве исходных данных для экспериментального исследования использован набор данных Pima Indians Diabetes Dataset, доступный на платформе Kaggle [7]. Данный датасет является одним из наиболее распространенных в задачах медицинской диагностики и содержит 768 наблюдений, каждое из которых описывается девятью признаками. Распределение классов: 500 наблюдений (65%)

– отсутствие диабета, 268 (35%) – наличие диабета, что указывает на умеренный дисбаланс классов. Восемь входных переменных включают: количество беременностей, концентрацию глюкозы в плазме крови, артериальное давление, толщину кожной складки, уровень инсулина, индекс массы тела (BMI), функцию родословной диабета и возраст. Целевая переменная Outcome принимает значение 1 при наличии сахарного диабета и 0 в противном случае [8].

Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
6	148	72	35	0	33.6	0.627	50	1
1	85	66	29	0	26.6	0.351	31	0
8	183	64	0	0	23.3	0.672	32	1
1	89	66	23	94	28.1	0.167	21	0
0	137	40	35	168	43.1	2.288	33	1
5	116	74	0	0	25.6	0.201	30	0
3	78	50	32	88	31.0	0.248	26	1
10	115	0	0	0	35.3	0.134	29	0
2	197	70	45	543	30.5	0.158	53	1
8	125	96	0	0	0.0	0.232	54	1

Рис. 1. Исходные данные

Перед обучением моделей выполнена предобработка данных. В показателях Glucose, BloodPressure, SkinThickness, Insulin и BMI присутствуют физиологически невозможные нулевые значения, которые были заменены на пропуски (NaN), а затем восполнены медианным значением соответствующего признака. Такой подход позволяет сохранить распределение данных и избежать искажений, вызванных ошибочными записями [5]. После устранения пропусков все признаки стандартизированы с помощью StandardScaler (приведение к нулевому среднему и единичному отклонению). Выборка разделена на обучающую (75%, 576 записей) и тестовую (25%, 192 записи) с сохранением пропорции классов (стратификация). Разделение выполнено с использованием random_state=42 для

воспроизводимости результатов.

Эксперимент выполнен в среде Python с использованием библиотек scikit-learn, XGBoost, LightGBM и CatBoost. Качество моделей оценивалось по метрикам accuracy, precision, recall, F1-score, а также по матрице ошибок (количество истинно положительных TP, истинно отрицательных TN, ложноположительных FP и ложноотрицательных FN результатов). Полученные результаты представлены ниже.

На рисунке 2 представлены матрицы ошибок для всех рассмотренных моделей, позволяющие детально проанализировать характер допускаемых ошибок.

Как видно из представленных данных, традиционные методы машинного обучения (логистическая регрессия, дерево решений, метод опорных векторов)

демонстрируют умеренную точность в диапазоне 0.69–0.74, однако их показатели полноты и F1-меры существенно ниже. Например, у логистической регрессии полнота составляет всего 0.52, а F1-мера – 0.57, что указывает на чувствительность к дисбалансу классов и ограниченную способность

выявлять сложные нелинейные зависимости. Дерево решений показывает наихудшие результаты (полнота 0.43, F1-мера 0.49), подтверждая, что простые модели без ансамблирования недостаточно эффективны для медицинской диагностики.

Таблица 1 Сравнительные метрики моделей

Модель	Точность (Accuracy)	Полнота (Recall)	F1-мера
XGBoost	0.75	0.58	0.62
LightGBM	0.74	0.60	0.62
CatBoost	0.74	0.59	0.62
Случайный лес	0.74	0.57	0.61
Voting (XGB+LGBM+RF)	0.73	0.58	0.60
Логистическая регрессия	0.74	0.52	0.57
SVM	0.73	0.48	0.54
Нейронная сеть (MLP)	0.70	0.51	0.55
Дерево решений	0.69	0.43	0.49

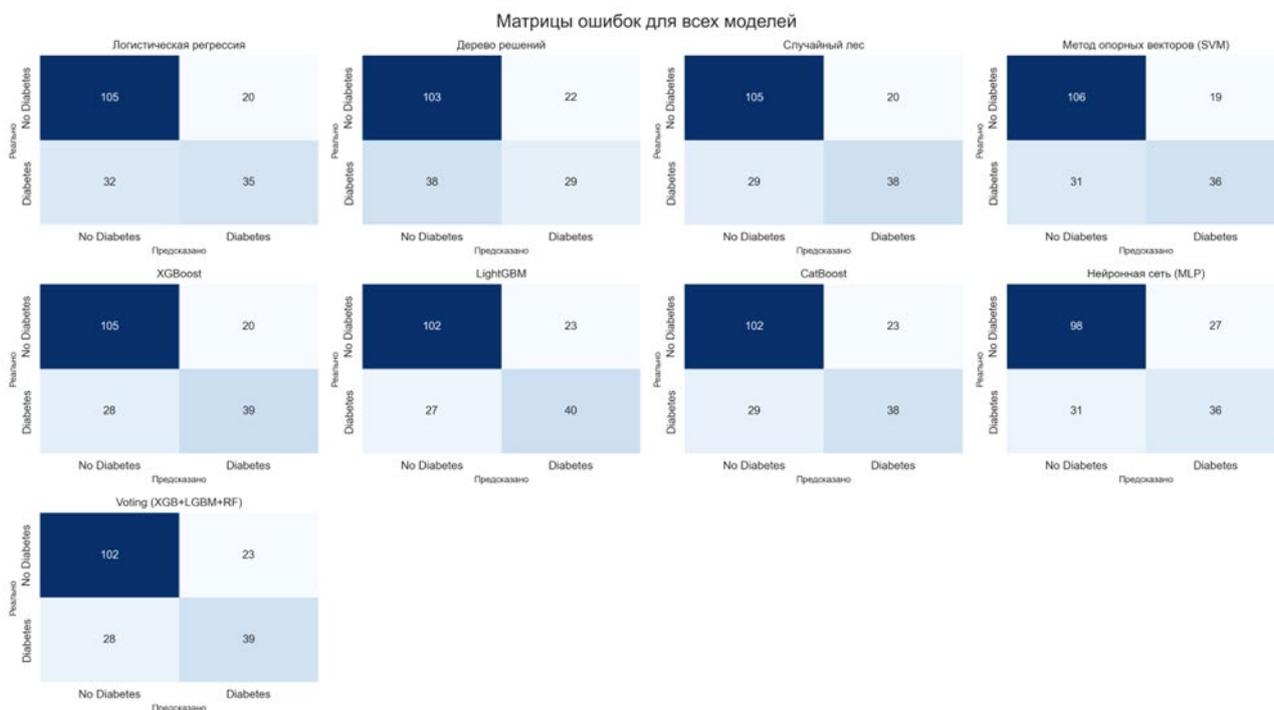


Рис. 2. Матрицы ошибок для всех моделей

Ансамблевые методы, такие как случайный лес, XGBoost, LightGBM, CatBoost

и Voting (XGB+LGBM+RF), несколько улучшают результаты: точность достигает

0.73–0.75, полнота – 0.57–0.60, F1-мера – 0.59–0.62. Среди них наилучшие показатели демонстрируют алгоритмы градиентного бустинга. XGBoost достиг максимальной точности (0.75) и F1-меры (0.62), а LightGBM продемонстрировал наивысшую полноту (0.60) при том же значении F1-меры. Voting, объединяющий предсказания трех сильных алгоритмов, показал результаты (точность 0.73, полнота 0.58, F1-мера 0.60), близкие к отдельным бустингам, но не превзошел их, что может объясняться корреляцией базовых моделей.

Анализ матриц ошибок показывает, что лучшие модели: XGBoost и LightGBM – допускают наименьшее количество ложноотрицательных ошибок (28 и 27 соответственно), что особенно важно для медицинской диагностики, где пропуск заболевания может иметь фатальные последствия. При этом они сохраняют приемлемый уровень ложноположительных срабатываний (20 и 23), что позволяет избежать избыточных исследований.

Нейронная сеть (MLP) показывает точность 0.70 и F1-меру 0.55, что не превосходит лучшие ансамблевые методы на данном наборе данных. Это подтверждает, что ансамблевые методы, основанные на последовательной коррекции ошибок, обеспечивают наилучший баланс между точностью и полнотой на структурированных медицинских данных умеренного объема.

Практическая ценность гибридных моделей подтверждается не только высокими метриками, но и их способностью адаптироваться к различным типам данных. Сверточные нейронные сети успешно применяются для анализа медицинских изображений (офтальмологические снимки при диабетической ретинопатии, данные МРТ и КТ), а ансамблевые методы эффективно

обрабатывают структурированные клинические данные [4].

Несмотря на впечатляющие результаты, демонстрируемые нейросетевыми моделями в экспериментальных условиях, их полноценное внедрение в рутинную клиническую практику сопряжено с рядом серьезных препятствий. Ключевым барьером остается дефицит качественных и структурированных данных [9]. Медицинские записи часто содержат пропуски, ошибки, неоднородность форматов. Существуют также риски, связанные с неадекватной работой алгоритмов: исследования показывают, что искусственный интеллект может рекомендовать избыточные обследования и неоправданное лечение. Наконец, важнейшим барьером остается нормативно-правовое регулирование и этические дилеммы – формально нейросеть остается лишь вспомогательным инструментом, а ответственность за решение по-прежнему несет специалист [6].

Необходимо учитывать ограничения настоящей работы. Во-первых, используемый набор данных Pima Indians Diabetes Dataset содержит лишь 768 записей, что является относительно небольшим объемом для обучения сложных моделей, особенно архитектур глубокого обучения. Во-вторых, выборка сформирована исключительно из женщин индейского происхождения старше 21 года, проживающих в определенном географическом регионе, поэтому полученные результаты могут не обобщаться на другие популяции – мужчин, иные возрастные группы, этнические категории и географические условия. В-третьих, исходные данные имеют дисбаланс классов (примерно 65% здоровых против 35% больных), а в эксперименте не применялись методы балансировки классов,

что могло повлиять на полноту моделей и их способность выявлять редкие случаи диабета.

Проведенный анализ позволяет сформулировать несколько ключевых выводов. Нейросетевые технологии прошли впечатляющую эволюцию – от простых статистических моделей 1990-х годов до сложных гибридных архитектур, способных достигать точности диагностики до 98% на крупных массивах данных. В рамках выполненного эксперимента наилучший баланс между точностью и полнотой продемонстрировали алгоритмы XGBoost и LightGBM, относящиеся ко второму этапу развития методов машинного обучения. Они обеспечили полноту 0.58–0.60 и F1-меру 0.62, что превосходит показатели классических статистических моделей. Полученные результаты подтверждают, что для структурированных медицинских данных умеренного объема ансамблевые методы часто оказываются эффективнее глубоких нейронных сетей. При этом именно гибридные подходы, сочетающие глубокое обучение для извлечения признаков из изображений или текстов с ансамблевыми методами для классификации, открывают новые возможности для комплексной медицинской диагностики. [2].

Вместе с тем путь к широкому внедрению этих технологий в реальную клиническую практику требует преодоления серьезных барьеров: от дефицита качественных данных до необходимости совершенствования нормативно-правовой базы [9]. Таким образом, нейросетевые технологии следует рассматривать не как замену реальному специалисту, а как мощный инструмент поддержки принятия решений. Освобождая специалиста от рутинной обработки информации, такой интеллектуальный

ассистент позволяет сосредоточиться на главном – постановке окончательного диагноза, выборе стратегии лечения и эмпатическом взаимодействии с пациентом. Дальнейшее развитие этого направления будет определяться тем, насколько успешно удастся синтезировать вычислительную мощь алгоритмов с клиническим опытом и интуицией специалиста.

Библиографический список

1. Натальсон, А. В. Экономическая эффективность внедрения нейронных сетей в информационные технологии / А. В. Натальсон, Е. А. Салтанаева // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 6(167). – С. 1380–1383. – DOI 10.34925/EIP.2024.167.6.286. – EDN JMYCMU.
2. Чжуан К., Чжан Ч., Чэнь Ч., Шэ Т., Ван М. Интеграция сверточных нейронных сетей с ансамблевыми методами для улучшения диагностики диабета: оценка на нескольких наборах данных // *Frontiers in Medicine*. 2025. Т. 12. Ст. 1657889. С. 1–15.
3. Буткова, Т. В. Современные подходы машинного обучения в прогнозе сахарного диабета второго типа / Т. В. Буткова, Л. И. Куликова, К. А. Мальсагова // *Математическая биология и биоинформатика*. – 2025. – Т. 20, № 2. – С. 301–319. – DOI 10.17537/2025.20.301.
4. Волчек Ю. А., Шишко О.Н., Спиридонова О. С., Мохорт Т.В. Положение модели искусственной нейронной сети в медицинских экспертных системах // *Juvenis scientia*. 2017. № 9. С. 4–9. – DOI: 10.15643/jscientia.2017.9.001
5. Салтанаева, Е. А. Применение технологии оптического распознавания образов для поиска и анализа информации о лекарственных средствах / Е. А. Салтанаева, С.

М. Куценко, А. С. Лазарев // Экономика. Информатика. – 2024. – Т. 51, № 4. – С. 907-918. – DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-907-918. – EDN TCKZQC.

6. Григорьева, О. Лечит ли нейросеть в белом халате? / О. Григорьева // Medvestnik.by. - [Электронный ресурс]: <https://www.medvestnik.by/technology/lechit-li-nejroset-v-belom-khalate> (дата обращения 16.02.2026).

7. Kaggle: Pima Indians Diabetes Database [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/uciml/pima-indians-diabetes-database>

8. Алексеева Е. С. Сравнительный обзор методов машинного обучения для анализа больших данных / Е. С. Алексеева, В. Д. Мазурова // Технические науки. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 262–266. – DOI:10.24412/2500-1000-2024-12-3-262-266

9. Хайруллин, А. М. Применение моделей искусственного интеллекта в медицине / А. М. Хайруллин, Р. С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 3(21). – С. 40–42. – EDN RKUMAF.

Информация об авторах

Хакимова Алия Линарона – студентка кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 31), e-mail: khakimova.alia@mail.ru.

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 31), e-mail: elena_maister@mail.ru.

Information about the author

Aliya L. Khakimova – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (31, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: khakimova.alia@mail.ru.

Elena A. Saltanaeva – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (31, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: elena_maister@mail.ru.

УДК 004.8:351

ВОЗМОЖНОСТИ И РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЧАТ-БОТОВ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЛУЖБАХ

Т.Р. Измайлов ¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия*

Аннотация: В статье анализируются перспективы и угрозы внедрения интеллектуальных чат-ботов в работу государственных социальных служб. Рассмотрены ключевые возможности технологии: повышение доступности и оперативности услуг, разгрузка персонала, переход к проактивной поддержке граждан. Особое внимание уделено системным рискам, включая углубление цифрового неравенства, дегуманизацию взаимодействия, ошибки алгоритмов и угрозы конфиденциальности данных. Обоснована необходимость гибридной модели «человек в контуре», где ИИ является помощником специалиста, а целью цифровизации становится повышение качества человеко-ориентированного сервиса, а не только оптимизация затрат.

Ключевые слова: искусственный интеллект, чат-бот, социальные службы, цифровое неравенство, этика ИИ, гибридная модель, человеко-ориентированный сервис.

OPPORTUNITIES AND RISKS OF USING INTELLIGENT CHATBOTS IN GOVERNMENT SOCIAL SERVICES

T.R. Izmailov ¹

¹ *Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia*

Abstract: The article analyzes the prospects and threats of introducing AI chatbots into the work of state social services. The key features of the technology are considered: increasing the availability and efficiency of services, unloading staff, and moving to proactive support for citizens. Particular attention is paid to systemic risks, including the deepening of digital inequality, dehumanization of interaction, algorithm errors and threats to data privacy. The need for a hybrid "man in the loop" model is substantiated, where AI is an assistant to a specialist, and the goal of digitalization is to improve the quality of a human-oriented service, and not just to optimize costs.

Keywords: artificial intelligence, chatbot, social services, digital inequality, AI ethics, hybrid model, human-oriented service.

Динамика цифровизации государственного сектора закономерно приводит к внедрению передовых технологий в самые консервативные и социально значимые сферы управления [1]. Одним из наиболее спорных направлений является интеграция диалоговых систем, основанных на больших языковых моделях, в работу служб [2], традиционно построенных на прямом межличностном контакте. Способные имитировать осмысленный диалог, они обещают революцию в доступности и эффективности социальной поддержки. Однако их внедрение сопряжено с комплексом этических, социальных и операционных дилемм, требующих глубокого и вдумчивого анализа. Развитие инструментов общения одно из мощных средств и элементов оптимизации всего спектра бизнес-процессов. Чат-боты являются одними из наиболее фундаментальных и широко распространенных примеров систем искусственного интеллекта и взаимодействия человека и компьютера [3].

Рассматривая потенциал таких технологий, нельзя не отметить их способность заложить основу для принципиально нового уровня сервиса. Основная нагрузка в социальных службах зачастую связана не с уникальными случаями, а с обработкой массы типовых обращений. Чат-бот, обученный на массивах нормативных документов и стандартных сценариев, способен стать первым и мгновенно доступным контактным лицом для гражданина [4]. Он

может в реальном времени разъяснять условия получения пособия, помогать в заполнении сложных форм заявлений, отслеживать статус уже поданного обращения и перенаправлять запрос в нужное структурное подразделение. Это не только сокращает время ожидания и разгружает операторов, но и минимизирует человеческий фактор, снижая риск ошибок, вызванных усталостью или недостаточной информированностью сотрудника первой линии. Более того, интеграция подобного инструмента с едиными базами данных позволяет перейти от пассивного реагирования к активному информированию. Система может анализировать жизненные события, зафиксированные в реестрах, и направлять гражданину персонализированные уведомления о новых возможностях поддержки, о которых он мог не знать. Таким образом, чат-бот трансформируется из простого справочного механизма в активного агента социального обеспечения, способного повышать вовлеченность граждан и полноту использования предусмотренных законом мер.

Однако параллельно с этими возможностями возникают риски, масштаб которых сопоставим с потенциальной выгодой. Первый и наиболее острый риск – углубление цифрового разрыва [5]. Парадокс ситуации в том, что основными пользователями социальных услуг часто являются наименее адаптированные к цифровой среде группы

населения. Для пожилого человека, жителя отдаленной сельской местности с плохой связью или человека с когнитивными особенностями интерфейс чат-бота может оказаться непреодолимым барьером [6]. Попытка оптимизировать систему через ее цифровизацию рискует создать новую форму социальной изоляции, когда доступ к помощи технически усложняется для тех, кто в ней больше всего нуждается. Второй фундаментальный вызов – угроза дегуманизации. Социальная работа – это не административная процедура, а процесс, основанный на доверии, эмпатии и психологической поддержке. Алгоритмическая система, несмотря на всю сложность, лишена способности к сопереживанию, не может уловить нюансы эмоционального состояния, тревоги или стыда, которые часто сопровождают обращение за помощью. Замена или существенное сокращение человеческого контакта на критически важном первоначальном этапе может усилить у человека чувство изоляции и превратить взаимодействие с государством в безликую и травмирующую транзакцию.

Технологические ограничения современных систем ИИ формируют отдельный пласт проблем [7]. Большие языковые модели, лежащие в основе продвинутых чат-ботов, по своей природе являются вероятностными генераторами текста. Это делает их подверженными так называемым «галлюцинациям» – абсолютно ложной информации. В контексте социальных услуг, где ошибка может лишить человека средств к существованию, такие сбои недопустимы. Вопрос ответственности за ущерб, причиненный подобной ошибкой алгоритма, сегодня юридически не урегулирован. Дополнительную сложность создает проблема алгоритмической предвзятости [8]. Если

данные, на которых обучалась модель, содержат скрытые социальные, культурные или экономические смещения, бот будет неосознанно воспроизводить и усиливать эту дискриминацию в своих ответах и решениях. Наконец, сам процесс обучения и работы бота требует доступа к огромным массивам персональных данных исключительной чувствительности [9]. Создание централизованной системы, аккумулирующей детальную информацию о материальном положении, здоровье и семейных обстоятельствах миллионов граждан, создает огромные риски кибератак, а вопрос этичного использования этих данных для «дообучения» модели остается открытым.

Таким образом, путь вперед лежит не через замещение, а через разумное дополнение человеческих возможностей технологическими. Наиболее жизнеспособной представляется гибридная модель «человек в контуре», где искусственный интеллект выполняет роль интеллектуального фильтра и помощника. В этой модели чат-бот берет на себя рутинную часть работы: сбор первичных данных, проверку документов, ответы на часто задаваемые вопросы. Однако ключевым принципом должна стать возможность мгновенной и бесшовной передачи сложного или эмоционально заряженного запроса живому специалисту. При этом весь контекст диалога, уже пройденный с ботом, должен автоматически передаваться сотруднику, избавляя гражданина от необходимости повторно объяснять ситуацию [10]. Для реализации такого подхода необходимы не только технологические инвестиции, но и системные изменения: законодательное закрепление стандартов ответственности за решения, принимаемые с участием ИИ, обязательное сохранение и развитие сети очных

консультационных пунктов как равноправного канала, масштабные программы по повышению цифровой грамотности среди уязвимых групп населения. Философия внедрения должна сместиться с парадигмы «оптимизации расходов» на парадигму «повышения качества человеческого контакта». В конечном счете, истинная ценность технологии в социальной сфере измеряется не сокращением штата или временем ответа, а тем, насколько она помогает специалисту проявить больше человечности, уделить больше внимания и найти более точное решение для того, кто оказался в трудной ситуации. Именно этот гуманистический императив должен оставаться главным ориентиром в процессе цифровой трансформации социальных служб.

Библиографический список

1. Исаева, М. З. Влияние информационных технологий на государственное управление / М. З. Исаева, Г. А. Овсеенко, Т. Г. Айгумов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 3, № 4(145). – С. 149-154. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.04.03.016. – EDN VQDDFR.
2. Вязьмин, М. К. Цифровизация государственного управления как инструмент повышения эффективности деятельности органов государственной власти / М. К. Вязьмин // Самоуправление. – 2023. – № 3(136). – С. 229-232. – EDN XZAVKY.
3. Салтанаева, Е. А. Чат-боты: новые информационные технологии и новые экономические возможности / Е. А. Салтанаева, Р. И. Эшлиоглу // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 9(170). – С. 1142-1145. – DOI 10.34925/EIP.2024.170.9.213. – EDN SZFNQJ.
4. Роль современных информационных технологий в государственном управлении, цифровизация органов государственной власти / Г. В. Кошляева, Б. М. Помпаев, В. А. Гедерим [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 3(176). – С. 411-417. – DOI 10.34925/EIP.2025.176.3.071. – EDN KLONGI.
5. Галиуллина, Э. Р. Проблема возрастного цифрового разрыва современности / Э. Р. Галиуллина, А. А. Шакиров, Р. С. Зарипова // Russian Journal of Education and Psychology. – 2019. – Т. 10, № 4. – С. 25-29. – EDN RZGYWD.
6. Краснодарская, К. С. Проникновение информационных технологий в государственное управление или цифровизация как фактор открытости органов государственной власти / К. С. Краснодарская // Global and Regional Research. – 2022. – Т. 4, № 2. – С. 32-41. – EDN OZCJGF.
7. Зарипова, Р. С. Перспективы развития искусственного интеллекта в условиях развития цифровой экономики / Р. С. Зарипова, О. А. Рочева, И. Т. Гайсин // Наука Красноярья. – 2023. – Т. 12, № 1-3. – С. 42-46. – EDN PJBHBM.
8. Марченко, Н. С. Проблемы и перспективы цифровизации государственных и муниципальных услуг / Н. С. Марченко, Н. А. Асанова // Научная инициатива: проблемы и пути решения проблем современности: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов. – Краснодар, 2025. – С. 27-30. – EDN DQDPPB.
9. Пырнова, О. А. Анализ методов редукции нейронечетких моделей / О. А. Пырнова, А. С. Катасев // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования:

материалы международной научно-практической конференции. Казань, 2025. С. 1759-1764. – EDN NBRORX.

10. Зарипова, Р. С. Автоматизация процесса управления взаимоотношениями с

клиентами / Р. С. Зарипова, А. В. Чупаев, Г. А. Хаматгалеева // Наука Красноярья. – 2021. – Т. 10, № 4-3. – С. 38-43. – EDN FJDPWQ.

Информация об авторах

Измайлов Тимур Ринатович – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51) e-mail: timur.izmailovvv@mail.ru

Information about the author

Timur R. Izmailov – student, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia) e-mail: timur.izmailovvv@mail.ru

УДК 004.89

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ
ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

А.Р. Гимаева¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В современных реалиях искусственный интеллект занимает всё более и более важную роль во многих сферах жизни. Одним из способов применения интеллектуальных систем является автоматизация деятельности руководителей в системе организационного управления. В данной работе рассматриваются все достоинства и недостатки использования интеллектуальных систем в работе организационного управления. Объектами исследования являются интеллектуальные технологии. Предметной областью является деятельность руководителей в системе организационного управления. В результате работы сделан вывод об эффективности внедрения данных технологий в деятельность руководителей, а также обозначены условия, где искусственный интеллект является подходящим решением.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, искусственный интеллект, деятельность руководителей, система организационного управления, достоинства, недостатки.

**INTELLIGENT TECHNOLOGIES FOR AUTOMATING THE ACTIVITIES OF
MANAGERS IN THE ORGANIZATIONAL MANAGEMENT SYSTEM**

A. R. Gimaeva¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: In modern realities, artificial intelligence is playing an increasingly important role in many areas of life. One of the ways to use intelligent systems is to automate the activities of managers in the organizational management system. This paper examines all the advantages and disadvantages of using intelligent systems in the work of organizational management. The objects of research are intelligent technologies. The subject area is the activity of managers in the organizational management system. As a result of the work, a conclusion will be drawn about the effectiveness of the implementation of these technologies in the activities of managers, as well as the conditions where artificial intelligence is a suitable solution.

Keywords: intelligent systems, artificial intelligence, management activities, organizational management system, advantages, disadvantages.

Интеллектуальные технологии уже несколько лет захватывают мир в разных сферах деятельности. Их применение

можно увидеть во многих областях, таких как энергетика, образование, здравоохранение, маркетинг, финансы и бытовые

вопросах. Использование таких технологий значительно упрощает работу с циклическими действиями и ускоряет возможность принятия решений. Это осуществляется с помощью анализа большого количества данных и формировании результата решения на их основе. Подобные действия обеспечиваются с помощью технологий искусственного интеллекта. Искусственный интеллект (ИИ) – это технология, которая позволяет имитировать интеллектуальную деятельность человека за счёт обработки и анализа большого массива данных [1, 2].

Деятельность руководителей в системе организационного управления является ключевым фактором, определяющим стратегическое развитие предприятий и компаний [3]. От решений руководства зависят многие аспекты организации: её эффективность, конкурентоспособность и устойчивость. Верные решения могут помочь сократить расходы и увеличить прибыль предприятия, тогда как ошибочные решения, наоборот, могут привести компанию к банкротству. Поэтому для принятия обоснованных решений, руководитель должен проанализировать множество факторов, как самой компании, так и внешней среды [4].

Использование интеллектуальных технологии позволит руководителям принимать наиболее обоснованные и оптимальные решения, что приведёт к повышению эффективности управления предприятием [5]. Технологии могут помочь сформулировать будущие перспективы и способы их реализации на основе анализа самой компании, а также конкурентной среды и общего настроения внешней среды, в том числе материального состояния потребителей [6]. Однако внедрение данных технологий имеет свои достоинства и недостатки.

Целью данной статьи является рассмотрение возможностей использования искусственного интеллекта в деятельности руководителей в системе организационного управления, рассмотрение достоинств и недостатков внедрения.

Ключевыми достоинствами интеллектуальных систем в автоматизации деятельности руководителей в системе организационного управления являются следующие аспекты:

- 1) ускорение процессов и снижение нагрузки на руководителей;
- 2) повышение точности и прогнозируемости решений;
- 3) улучшение качества управления компании в целом;
- 4) выявление возможных будущих перспектив и скрытых проблем;
- 5) лёгкая адаптация компании к возможным изменениям в будущем.

Рассмотрим данные достоинства подробнее.

Ускорение процессов и снижение нагрузки на руководителей происходит за счёт автоматизации рутинных и повторяющихся задач. Искусственный интеллект, обучаясь на исторических данных и предыдущих решениях, может автоматизировать обработку отчётов, части документооборота и даже предварительно формулировать ответы на типовые запросы. Это освободит руководителей в системе организационного управления от однотипных операций и позволит им решать вопросы более уникальные и стратегически важные задачи компании.

При внедрении интеллектуальных технологий в предприятие предполагается оснащение оборудования датчиками, которые помогут собрать наибольшее количество данных. Далее интеллектуальные

системы проанализируют эти данные и выдадут результаты. Благодаря большому количеству сведений повысится точность результата. Вероятность ошибок в оценках риска, выдаваемых ИИ, будет минимальна, поэтому прогнозы будут достаточно точны и помогут выбрать наиболее эффективную стратегию действий для предприятия.

Повышение общего качества управления компанией связано со способностью интеллектуальных систем проводить комплексный и детализированный анализ всех бизнес-процессов. Это позволяет одновременно оптимизировать каждый ключевой показатель в отдельности и находить сбалансированное решение, улучшающее совокупность всех показателей. Таким образом, система способствует синергетическому эффекту: оптимизации как отдельных операционных элементов, так и общей эффективности компании [7].

На основе анализа больших данных, проводимого интеллектуальными технологиями, система может выявить возможные недостатки и риски предприятия, которые на текущий момент не влияют на эффективность компании, но могут проявиться в будущем. Это также помогает при выявлении проблем, которые невозможно выявить человеческими усилиями из-за труднодоступности или опасности исследуемого места. Кроме выявления возможных проблем, интеллектуальные технологии позволяют находить наиболее перспективные пути развития, которые позволят развиваться предприятию в новом направлении с наименьшим числом рисков.

Внедрение интеллектуальных технологий включает в себя множество устройств, однако подключение данных устройств в предприятии позволяет в будущем быстро переходить на обновленные

системы при появлении. Эта уже развёрнутая цифровая экосистема позволяет в будущем относительно быстро и с минимальными дополнительными затратами интегрировать новые системы и обновления по мере их появления. Таким образом, компания приобретает повышенную гибкость и технологическую адаптивность, что значительно снижает издержки и риски, связанные с будущими изменениями на рынке или в области технологий.

Недостатками внедрения и затруднениями работы с интеллектуальными системами являются следующие причины:

- 1) технические;
- 2) организационные;
- 3) этические.

Технические проблемы при внедрении искусственного интеллекта в деятельность руководителей могут быть связаны с несколькими факторами. Первым фактором является недостаточная цифровая развитость компании. Если у компании нет достаточного количества оборудования, то внедряемые системы не смогут полностью выполнять роль помощника в предоставлении решений по вопросам из-за недостаточного количества данных для анализа [8]. Результаты будут поверхностными и неточными. Кроме того, недостаток совместимого и качественного оборудования может повлиять на безопасное хранение и целостность данных. Другим фактором, также связанным с первым, может быть в целом небольшая база данных, как и первый фактор, этот фактор влияет на результаты работы ИИ при нехватке данных, система может «придумывать» данные и выдавать не только поверхностные, но и вредные варианты развития [9].

Организационные барьеры также могут помешать получить эффективные

результаты в введении интеллектуальных технологий. Одним из источников данной проблемы могут быть необученный персонал. Персонал без должной квалификации в разделе работы с интеллектуальными технологиями может создать задержку при работе с ИИ или вызывать утечку данных. Поэтому при внедрении данных технологий сотрудникам, работающим с ИИ, нужно пройти дополнительные курсы квалификации, которые могут обойтись компании в дополнительных затратах. При негативном настроении сотрудников на внедрение интеллектуальных технологий могут произойти ситуации саботажа или ухода с рабочих мест специалистов. Данная реакция может снизить продуктивность рабочих.

Этические проблемы, связанные с интеллектуальными системами, могут возникнуть при решении вопросов, не связанных с аналитикой [10]. Моральные дилеммы, решаемые ИИ, будут не эффективными. Поэтому данные вопросы должны решаться руководителями самостоятельно, не обращаясь к интеллектуальным системам.

Подводя итог, можно предположить, что внедрение интеллектуальных технологий в деятельность руководителей в системе организационного управления может помочь достичь предприятию высоких результатов. Данные системы могут как облегчить рутинные обязанности руководителей, так и предложить перспективные идеи по продвижению и открытию новых направлений предприятия в будущем. Кроме того, интеллектуальные системы могут обнаружить в результате анализа скрытые проблемы или неоптимизированные участки, что позволит компании избежать лишних трат в будущем. Однако ИИ подходит не для всех обязанностей и требует

большую подготовку для внедрения. Компании, планирующей внедрение интеллектуальных систем, требуется обеспечить всю структуру датчиками для получения данных, а также подготовить группу специалистов для работы с данными системами. Данные критерии могут потребовать много затрат на начальном этапе. Поэтому внедрение интеллектуальных технологий в деятельность руководителей может быть рискованной идеей для начинающих компаний с небольшим бюджетом. Кроме того, некоторые вопросы в руководительской деятельности не стоит давать на рассмотрение ИИ из-за этических соображений. Поэтому внедрение данных технологий и способы их использования должны строго регулироваться регламентом. Таким образом, внедрение интеллектуальных систем является одним из способов повышения эффективности предприятия, имеющим в своём распоряжении достаточный бюджет, ведь данные системы имеют свои риски. Это не просто покупка программного обеспечения, это рискованная в краткосрочной перспективе, но эффективная в долгосрочном рассмотрении инвестиция, которая может определить будущую траекторию развития предприятия.

Библиографический список

1. Набиуллин, А. С. Роль искусственного интеллекта в сфере управления программными проектами / А. С. Набиуллин, Р. С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 2(20). – С. 119-121. – EDN СВСМНН.
2. Зарипова, Р. С. Перспективы развития искусственного интеллекта в условиях развития цифровой экономики / Р. С. Зарипова, О. А. Рочева, И. Т. Гайсин // Наука

Красноярья. – 2023. – Т. 12, № 1-3. – С. 42-46. – EDN PJBHBM.

3. Емдиханов, Р. А. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации / Р. А. Емдиханов, Ю. Н. Смирнов // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: международная научно-техническая конференция. – Казань, 2023. – С. 216-218. – EDN ZFGTWO.

4. Халимон, Е. А. Искусственный интеллект в менеджменте организации / Е. А. Халимон, С. А. Никитин // Проблемы управления социальными и экономическими системами в современной России: сборник научных статей. – Ульяновск: ИП Кеньшенская В.В. (издательство "Зебра"), 2024. – С. 156-160. – EDN TZJWNK.

5. Пырнова, О. А. Цифровые двойники в управлении предприятиями и экономикой / О. А. Пырнова, Д. П. Никоноров // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 11, № 5(158). – С. 35-42. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.11.005. – EDN QQVPRK.

6. Юсупова, Р. И. Влияние цифровых инноваций на поведение потребителей / Р. И. Юсупова, Р. С. Зарипова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 4, № 4(157). – С. 136-142. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.04.04.019. – EDN OUDHXV.

7. Ларснукаева, М. А. Применение информационных технологий в управлении экономикой предприятия / М. А. Ларснукаева, Г. А. Овсеенко, Б. Э. Элежбиев //

Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 5, № 4(145). – С. 27-32. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.04.05.004. – EDN GHJION.

8. Алемасов, Е. П. Применение искусственного интеллекта и нейросетевых технологий в менеджменте в России: анализ и перспективы / Е. П. Алемасов, О. А. Пырнова, А. В. Махиянова // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования: материалы международной научно-практической конференции. – Казань, 2025. – С. 1207-1211. – EDN EUUNDC.

9. Шигабутдинова, К. Р. Управление рисками в эпоху искусственного интеллекта: информационная безопасность, этические вопросы и новые вызовы для менеджеров / К. Р. Шигабутдинова, О. А. Пырнова, Э. И. Басырова // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования: материалы международной научно-практической конференции. – Казань, 2025. – С. 1990-1993. – EDN STIOMO.

10. Данилов, С. А. Этические аспекты развития и применения искусственного интеллекта / С. А. Данилов, О. А. Пырнова // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции. – Казань, 2024. – С. 783-787. – EDN EWWRDZ.

Информация об авторах

Гимаева Алиса Ростиславовна – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: 23853ap@gmail.com

Information about the author

Alisa R. Gimaeva – student, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: 23853ap@gmail.com

УДК 004.7:004.056

ПРОБЛЕМЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ: КЛАССИФИКАЦИЯ УГРОЗ И ПОДХОДЫ К ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Н.В. Макаров¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы кибербезопасности в экосистеме Интернета вещей (IoT). Проведена классификация основных угроз и уязвимостей IoT-систем. Проанализированы современные подходы к минимизации рисков, включая применение специализированных протоколов и стандартизацию требований безопасности.

Ключевые слова: интернет вещей, кибербезопасность, кибератаки, уязвимости, модели угроз, защита информации.

CYBERSECURITY PROBLEMS IN THE INTERNET OF THINGS: CLASSIFICATION OF THREATS AND APPROACHES TO THEIR MINIMIZATION

N.V. Makarov¹, E.A. Saltanaeva¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article deals with cybersecurity problems in the ecosystem of the Internet of Things (IoT). The classification of the main threats and vulnerabilities of IoT systems is carried out. Modern approaches to risk minimization, including the use of specialized protocols and standardization of security requirements, are analyzed.

Keywords: internet of things, cybersecurity, cyber-attacks, vulnerabilities, threat models, information security, risk management.

Информационные технологии на современном этапе своего развития демонстрируют стремительную экспансию во все без исключения сферы. Концепция Интернета вещей (Internet of Things, IoT) здесь занимает особое место, проникая как в промышленность и строительство, так и в повседневный быт частных пользователей. Суть технологии заключается в объединении в единую сеть миллиардов разнородных устройств - датчиков, исполнительных механизмов, бытовой техники. Это, безусловно, открывает беспрецедентные возможности для автоматизации и сбора данных [1]. Однако у интеграции цифрового и физического миров есть и обратная сторона: любое подключенное устройство теоретически может стать точкой входа для злоумышленника. Спектр атак на

экосистемы IoT не только широк, но и постоянно эволюционирует. По некоторым оценкам, около 57% устройств уязвимы для атак средней или высокой степени серьезности, а глобальный ущерб от киберпреступности уже измеряется триллионами долларов [2, 3]. В такой ситуации задачи классификации угроз и поиска эффективных методов их обнаружения выходят на первый план.

Природа уязвимостей систем Интернета вещей во многом обусловлена их архитектурой. Если сравнивать IoT с классическими компьютерными сетями, то ключевое отличие - глубокая гетерогенность среды. Речь идет об объединении устройств с разными вычислительными мощностями, использующих различные протоколы связи и имеющих неодинаковые сроки службы [2,

4]. Производители зачастую ставят во главу угла минимизацию себестоимости и энергопотребления, жертвуя встроенными механизмами защиты. Это, как несложно догадаться, делает продукцию легкой добычей для киберпреступников [4]. Исторически сложилось так, что в проектах IoT применяется множество коммуникационных решений: от стандартных IP-протоколов до специализированных вроде Zigbee, LoRaWAN или M-Bus. Подобрать унифицированные средства защиты для такого зоопарка технологий крайне сложно, что многократно увеличивает поверхность для атаки [1, 2]. Исследователи справедливо отмечают, что сам термин «Интернет вещей» - во многом метафора, за которой скрывается скорее «сеть разнородных объектов» (Network of Things). Безопасность в такой сети должна обеспечиваться на всех уровнях: от физических датчиков до облачных платформ, что само по себе является нетривиальной задачей [2].

Многообразие кибератак на системы IoT можно систематизировать по различным признакам. Если исходить из целей злоумышленников, то традиционно выделяют атаки на конфиденциальность (кража данных), целостность (подмена показаний датчиков, внедрение ложной информации) и доступность (DoS/DDoS-атаки). Последние способны парализовать работу критически важной инфраструктуры, что делает их особенно опасными [3, 4]. В последнее время все чаще говорят об атаках на цепочки поставок. Учитывая, что современное IoT-решение собирается из компонентов множества вендоров с разными циклами обновления ПО, риск компрометации на любом этапе жизненного цикла продукта становится весьма ощутимым [2].

Существуют и атаки, специфичные

именно для сенсорных сетей. Среди них - Hello flood или Sybil attack, когда злоумышленник либо создает множество ложных узлов, либо буквально «забивает» сеть бессмысленными запросами, истощая ресурсы устройств [4]. Не стоит забывать и про физический уровень. Извлечение данных через незащищенные отладочные порты или перехват трафика по побочным электромагнитным излучениям - проблемы, которые никуда не исчезают, особенно для устройств с ограниченным физическим доступом [2].

Важнейшим звеном в обеспечении безопасности является выбор протоколов прикладного уровня, по которым устройства обмениваются данными. Наибольшее распространение сегодня получили протоколы MQTT и AMQP. Оба они стандартизированы консорциумом OASIS и используют асинхронную модель «публикация-подписка» [1]. Впрочем, на этом сходство заканчивается.

MQTT создавался для телеметрических систем. Отсюда его предельная легкость: минимальный размер служебного заголовка составляет всего 2 байта. Это делает протокол идеальным кандидатом для маломощных устройств, работающих на нестабильных каналах связи. Три уровня качества обслуживания (QoS) позволяют найти баланс между надежностью доставки и накладными расходами [1].

AMQP, напротив, родом из финансового сектора. Его архитектура сложнее: используются точки обмена и очереди сообщений, что дает высокую гибкость и надежность при интеграции корпоративных систем. Однако платой за это становятся значительно более высокие требования к вычислительным ресурсам. Экспериментальные данные подтверждают, что в условиях

ограниченных ресурсов и возможных сбоях MQTT выигрывает у AMQP по пропускной способности и демонстрирует меньший процент потерь пакетов. Неудивительно, что для большинства IoT-приложений предпочтение отдают именно ему [1].

Для активного противодействия вторжениям в IoT-среду применяются специализированные системы обнаружения вторжений (IDS). Важно понимать, что IDS для Интернета вещей — это не просто уменьшенная копия традиционной системы. Ее архитектура обязана учитывать гетерогенность среды и жесткие ограничения ресурсов конечных узлов [4]. Типичная IDS включает модули мониторинга трафика, анализа и обнаружения аномалий, а также модуль оповещения.

В основе методов обнаружения лежат два подхода: сигнатурный анализ (поиск по базе известных шаблонов атак) и поведенческий анализ (выявление отклонений от нормальной активности сети). В последние годы все большую роль играют методы машинного обучения. Например, алгоритмы вроде «Случайного леса» (Random Forest) или машин опорных векторов (SVM) обучаются на выборках трафика (скажем, KDD99) и пытаются отличить норму от аномалии [4]. Более того, нейросетевые архитектуры и глубокое обучение позволяют автоматически выделять сложные пространственно-временные признаки, что повышает шансы обнаружить даже неизвестные ранее угрозы [5].

Развитие концепции программно-конфигурируемых сетей (SDN) открывает новые горизонты для безопасности IoT. Централизованный SDN-контроллер, который «видит» всю топологию сети, может в реальном времени менять правила маршрутизации и изолировать подозрительные

устройства. Это позволяет эффективно купировать распространение атак [4].

Другое перспективное направление — технологии распределенного реестра (блокчейн). Они предлагают децентрализованные модели управления идентификацией и подтверждения целостности данных. Для таких приложений, как «умный дом» или промышленный интернет вещей (IIoT), это особенно актуально. Блокчейн позволяет создавать неизменяемые журналы событий и убирает единую точку отказа, присущую классическим клиент-серверным архитектурам [4].

Отношения между искусственным интеллектом и кибербезопасностью сегодня носят двунаправленный характер. С одной стороны, методы машинного обучения активно применяются для автоматизации защиты: от поиска вредоносного ПО и фишинговых сайтов до анализа логов и приоритизации угроз [5]. С другой стороны, сами модели машинного обучения становятся мишенью для атак.

Яркий пример — состязательные атаки (adversarial attacks). Злоумышленник целенаправленно искажает входные данные так, чтобы обмануть классификатор. Это позволяет, например, провести вредоносный трафик мимо IDS. Не менее опасны атаки отравления данных (data poisoning), которые воздействуют на этапе обучения. Внедрение в тренировочный набор специально сформированных образцов может скомпрометировать работу модели в будущем. Наконец, нельзя исключать сценарии, где сам ИИ используется для усиления атак: автоматизированный подбор паролей, генерация реалистичных дипфейков для социальной инженерии или управление ботнетами на основе роевого интеллекта [5].

Любое решение в области

безопасности упирается в вопрос стоимости. Ущерб от кибератак может быть как прямым (потери от DDoS или кражи данных), так и косвенным (простой оборудования, упущенная выгода, удар по репутации) [3]. Для оценки эффективности вложений предлагается использовать показатель Cyber ROI (CyROI), который адаптирует классическую формулу рентабельности с учетом потенциальных потерь и затрат на контрмеры [3].

Сам процесс управления киберрисками должен быть непрерывным. Он включает идентификацию активов, оценку их критичности, анализ уязвимостей, моделирование сценариев атак (например, с помощью деревьев отказов) и количественную оценку рисков методами имитационного моделирования (в частности, Монте-Карло). Такой системный подход, основанный на принципах риск-контроллинга, позволяет не просто оценить возможный ущерб, но и определить оптимальный уровень инвестиций, который обеспечит приемлемый остаточный риск [3].

Таким образом, эффективная минимизация киберугроз в эпоху Интернета вещей требует комплексного подхода. Необходимо учитывать архитектурные особенности на всех уровнях, внедрять технологические инновации (включая SDN и блокчейн), активно использовать методы искусственного интеллекта, но при этом отдавать себе отчет в их уязвимости. И, что не менее важно, все эти решения должны быть подкреплены взвешенной экономической оценкой. Только сочетание технологических, алгоритмических и экономических мер способно обеспечить приемлемый уровень безопасности в стремительно усложняющемся мире.

Библиографический список

1. Якупов, Д. Р. Обзор и сравнение протоколов Интернета Вещей: MQTT и AMQP / Д. Р. Якупов // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2022. – Т. 10, № 9. – С. 1-9. – ISSN 2307-8162.

2. Намиот, Д. Е. О кибербезопасности систем Интернета Вещей / Д. Е. Намиот, В. А. Сухомлин // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2023. – Т. 11, № 2. – С. 85-96. – ISSN 2307-8162.

3. Гришунин, С. В. Оценка киберрисков в проектах интернета вещей / С. В. Гришунин, И. Ю. Пищалкина, С. Б. Сулоева // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. – 2021. – Т. 14, № 6. – С. 102–116. – DOI 10.18721/JE.14608.

4. Титов, Д. Н. Обнаружение вторжений в систему Интернета вещей / Д. Н. Титов // *Сборник материалов конференции*. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 118-125. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-2-118-125.

5. Намиот, Д. Е. Искусственный интеллект и кибербезопасность / Д. Е. Намиот, Е. А. Ильюшин, И. В. Чижов // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2022. – Т. 10, № 9. – С. 135–151. – ISSN 2307-8162.

6. Зарипова, Р. С. Роль интернета вещей в цифровой экономике / Р. С. Зарипова, Р. И. Кудряков // *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. – 2023. – Т. 13, № 7-1. – С. 487-493. – DOI 10.34670/AR.2023.84.83.058. – EDN NAOABP.

7. Куценко, С. М. Современные вызовы кибербезопасности и системы обнаружения вторжений / С. М. Куценко, Е. А. Салтанова // *Экономика и предпринимательство*. – 2025. – № 6(179). – С. 950-954. – DOI 10.34925/EIP.2025.179.6.170. – EDN WLSECL.

8. Натальсон, А. В. Формирование цифровых компетенций в области

кибербезопасности объектов цифровой энергетики / А. В. Натальсон // Вестник НЦБЖД. – 2023. – № 3(57). – С. 54-60. – EDN CQLMIU.

9. Кибербезопасность в сфере транспорта / О. В. Князькина, Р. М. Хамитов, О.

П. Черникова, Ю. А. Златицкая // International Journal of Advanced Studies. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 29-45. – DOI 10.12731/2227-930X-2024-14-4-308. – EDN XIFNRS.

Информация об авторах

Макаров Никита Владиславович – студент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: nik89625536163@gmail.com

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru

Information about the author

Nikita V. Makarov – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: nik89625536163@gmail.com

Elena A. Saltanaeva – candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies of Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: elena_maister@mail.ru

УДК 615.874:004.8

ВЕБ-СЕРВИС ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

А.Р. Шаймарданова¹, С.М. Куценко¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: рассматривается подход к проектированию и реализации веб-сервиса, формирующего персонализированные рационы питания на основе нормативов нутриентного состава, индивидуальных параметров пользователя и методов искусственного интеллекта. Описываются требования к данным, архитектура решения, алгоритмы подбора блюд с учетом ограничений, а также способы объяснения рекомендаций для повышения доверия пользователя.

Ключевые слова: персонализированное питание, веб-сервис, рекомендательные системы, оптимизация, пищевые базы данных, большие языковые модели

WEB SERVICE FOR THE FORMATION ON INDIVIDUAL DIETS BASED ON OPTIMIZATION ALGORITHMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

A.R. Shaimardanova¹, S.M. Kutsenko¹

¹ Kazan State Power Engineering University

Abstract: The paper describes the design and implementation of a web service that generates personalized meal plans based on dietary guidelines, user-specific parameters, and AI methods. The solution combines a food composition database, constraint-based optimization, and recommendation models to select meals under calorie/macronutrient/micronutrient targets and safety constraints (allergens, contraindications). Approaches to explainable recommendations are also discussed.

Keywords: personalized nutrition, web service, recommender systems, optimization, food composition databases, large language models.

Современные цифровые технологии на основе искусственного интеллекта (ИИ)

активно внедряются в различные сферы, расширяя функциональность

традиционных информационных систем. Персонализированное питание рассматривается как перспективное направление профилактики алиментарно-зависимых заболеваний и повышения качества жизни [1]. Однако самостоятельный подбор рациона для большинства пользователей затруднен: необходимо учитывать возраст, массу тела, уровень физической активности, цели (снижение/набор массы), пищевые предпочтения, аллергии и медицинские ограничения. Дополнительную сложность создают требования к сбалансированности по макро- и микронутриентам, а также необходимость объяснять пользователю логику рекомендаций.

Развитие веб-технологий и доступность пищевых баз данных позволяют автоматизировать процесс планирования питания, а методы искусственного интеллекта - адаптировать рекомендации под конкретного человека. В исследованиях последних лет показано, что комбинация оптимизационных методов и моделей рекомендаций повышает качество формируемых меню и удобство использования подобных систем.

Цель работы - описать разработку веб-сервиса для составления индивидуальных рационов питания с использованием технологий искусственного интеллекта. Для достижения цели решаются следующие задачи: формирование требований к данным и профилю пользователя; проектирование архитектуры сервиса; разработка алгоритма генерации меню с учетом ограничений; реализация механизмов интерпретируемости и контроля качества рекомендаций.

В качестве научно-практической базы для расчета целевых значений потребления энергии и нутриентов целесообразно опираться на официальные рекомендации. Для

международного сопоставления могут использоваться рекомендации ВОЗ по здоровому питанию, а для практики в РФ - методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21, устанавливающие нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения.

Кастомизированные цифровые сервисы для питания демонстрируют новые подходы к удовлетворению индивидуальных потребностей потребителей [2]. Ключевым компонентом сервиса является единая модель данных: профиль пользователя; каталог продуктов/блюдов с нутриентным составом; рецептурные карты и порционность; ограничения и предпочтения. Источниками нутриентных данных могут выступать открытые и эталонные таблицы состава продуктов (например, Ciqal/ANSES), а также открытые базы, наподобие Open Food Facts, доступные через API. Для корректной работы требуется нормализация единиц измерения, устранение дубликатов, хранение версий справочников и контроль качества (диапазоны значений, полнота, происхождение).

Методы информационных технологий позволяют оценивать качество рационов питания и формировать алгоритмы для индивидуальных рекомендаций. Алгоритмически задача формирования меню может быть представлена как задача многокритериальной оптимизации с ограничениями. Ограничения включают: энергетический коридор и распределение калорий по приемам пищи; диапазоны БЖУ (белки, жиры, углеводы); минимальные/максимальные значения микронутриентов; запреты (аллергены, непереносимость, религиозные ограничения); технологические ограничения (время готовки, доступность ингредиентов). Критерии оптимизации могут

отражать предпочтения (оценка блюд), разнообразие, стоимость и приближенность к целевым значениям [3].

Практическая реализация может сочетать несколько методов ИИ. Во-первых, рекомендательный модуль (контентный, коллаборативный или гибридный) ранжирует блюда на основе предпочтений и истории пользователя. Во-вторых, оптимизатор (например, целочисленное линейное программирование или эвристики) формирует итоговый рацион на день/неделю, выбирая набор блюд, удовлетворяющий ограничениям. Внедрение искусственного интеллекта оказывает влияние на эффективность деятельности предприятий, включая оптимизацию процессов и автоматизацию задач [4].

Для повышения прозрачности целесообразно включить модуль объяснимости: сервис должен показывать, какие требования учтены (например, «ограничение по сахару», «цель - 1800 ккал»), и почему предложено конкретное блюдо («высокое содержание белка», «источник клетчатки»). Большие языковые модели могут применяться не для расчета нутриентов, а для генерации человеко-понятных пояснений на основе уже рассчитанных показателей и правил, а также для диалогового уточнения предпочтений (без подмены медицинских рекомендаций).

Архитектурно веб-сервис целесообразно реализовать по трехуровневой схеме: клиент (веб-интерфейс), сервер приложений (REST/GraphQL API) и хранилище данных. В серверной части выделяются модули: аутентификация и профиль, каталог продуктов и рецептов, расчет нутриентов, генератор меню, журналирование и мониторинг. Для масштабируемости ИИ-модули могут быть вынесены в отдельный сервис

(например, на Python) с очередью задач; это позволяет асинхронно пересчитывать недельное меню и формировать отчеты.

С точки зрения информационной безопасности важно обеспечить защиту персональных данных: минимизация собираемых медицинских сведений, шифрование каналов связи, разграничение прав доступа, хранение токенов и логирование действий [5]. Для снижения риска ошибок рекомендуется внедрить проверки корректности рациона (валидаторы), а также функциональность «ручной правки» меню пользователем с последующей автоматической перерасчетной проверкой.

Оценка эффективности решения может выполняться по нескольким группам метрик: нутриентное качество (доля рационов, попадающих в допустимые диапазоны); пользовательские метрики (удовлетворенность, клики/сохранения блюд, удержание); вычислительная эффективность (время генерации меню); безопасность (отсутствие запрещенных ингредиентов). Современные подходы к использованию ИИ включают его интеграцию в решения оценки питания, что демонстрирует повышение точности рекомендаций [6]. В прикладных работах по персонализированному планированию питания показана возможность получения практически применимых меню при использовании AI-подходов и формальных ограничений.

Таким образом, разработка веб-сервиса для формирования индивидуальных рационов питания с использованием технологий искусственного интеллекта является актуальной задачей на стыке веб-разработки, обработки данных и прикладной нутрициологии. Комбинация пищевых баз данных, рекомендательных моделей и оптимизационных алгоритмов позволяет

получать персонализированные меню, соответствующие нормативам и ограничениям, а внедрение объяснимости повышает доверие пользователей и качество взаимодействия с системой.

Библиографический список

1. Лукичев, П. М. Экономика искусственного интеллекта: возможности и проблемы использования в здравоохранении / П. М. Лукичев, О. П. Чекмарев // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 1111-1130. – DOI 10.18334/vines.12.2.114782. – EDN ZNBVQR.

2. Кулева, А. И. Цифровая трансформация и развитие традиционных рынков: перспективы реализации Национальной технологической инициативы (на примере Foodnet) / А. И. Кулева // Современные методы, модели и технологии управления социально-экономическими системами: Материалы международной научно-практической конференции, Калуга, 25 ноября 2020 года. – Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Издательство "Эйдос"), 2021. – С. 136-144. – EDN TLQFER.

3. Никитина Марина Александровна, Лисицын Андрей Борисович, Чернуха Ирина Михайловна ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КАК ИНСТРУМЕНТ, В ОЦЕНКЕ И АНАЛИЗЕ СБАЛАНСРОВАННОСТИ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ // Журнал Все о мясе. 2021. №3. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-kak-instrument-v-otsenke-i-analize-sbalansirovannosti-ratsionov-pitaniya> (дата обращения: 17.02.2026).

4. Магомедов, Р. М. Анализ использования искусственного интеллекта российскими компаниями / Р. М. Магомедов // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов: СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (шифр -МКАП 9), Москва, 21 марта 2022 года. – Москва: «ООО «ИРОК»; ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 214-222. – DOI 10.34755/IROK.2022.32.11.077. – EDN DKKGSJ.

5. Куценко, С. М. Кибербезопасность в цифровой экономике / С. М. Куценко // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 1(174). – С. 130-132. – DOI 10.34925/EIP.2024.174.1.021.

6. Авдеева М.В., Гоголева М.Н., Ризаханова О.А., Шаталова М.В., Носачева В.С., Сандгартен Л.М., Сигнаевская А.Р., Честный И.С. Современные подходы к формированию пищевого поведения населения с использованием цифровых технологий и искусственного интеллекта. Профилактическая медицина. 2025;28(10):33–40.

<https://doi.org/10.17116/profmed20252810133>.

Информация об авторах

Шаймарданова Алсу Рафисовна – студент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: alsushaimardanova9@gmail.com

Куценко Светлана Мунавировна – доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

Information about the author

Alsu R. Shaimardanova – student, Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: alsushaimardanova9@gmail.com

Svetlana M. Kutsenko – associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

УДК 004.94

РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ: ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ

Р.Р. Садыков¹, С.М. Куценко¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассмотрены современные методы распознавания лиц с технической точки зрения. Описаны классические алгоритмы - Eigenfaces (PCA), Fisherfaces (LDA) и LBPH - а также нейросетевые подходы на основе глубоких свёрточных сетей (CNN), включая алгоритмы FaceNet (триплетная потеря) и ArcFace (Additive Angular Margin Loss). Детально пояснены принципы работы каждого метода и проанализирована их устойчивость к изменениям внешних условий: освещённости, углов обзора и частичной окклюзии. Приведено сравнение алгоритмов по точности распознавания, оцениваемой метриками FAR, FRR и общей accuracy. Обсуждены достоинства и ограничения подходов. Полученные результаты могут служить ориентиром при выборе алгоритма для практического применения в системах компьютерного зрения и биометрии.

Ключевые слова: распознавание лиц, Eigenfaces, Fisherfaces, LBPH, свёрточные нейронные сети, FaceNet, ArcFace, FAR, FRR, освещение, поза.

FACE RECOGNITION: TECHNICAL DESCRIPTION AND COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS

R.R. Sadykov¹, S.M. Kutsenko¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article reviews modern face recognition methods from a technical perspective. Classical algorithms - Eigenfaces (PCA), Fisherfaces (LDA), and LBPH - are described, as well as deep neural network approaches including FaceNet (triplet loss) and ArcFace (Additive Angular Margin Loss). The operational principles of each method are detailed, and their robustness to varying external conditions (lighting changes, viewpoint, partial occlusion) is analyzed. A comparison of the algorithms in terms of recognition performance (using FAR, FRR and accuracy metrics) is provided. The strengths and limitations of each approach are discussed, which can guide the selection of appropriate algorithms in computer vision and biometric systems.

Keywords: face recognition, Eigenfaces, Fisherfaces, LBPH, convolutional neural network, FaceNet, ArcFace, FAR, FRR, lighting, pose.

Распознавание лиц является одной из центральных задач биометрической аутентификации и компьютерного зрения; её практическая ценность проявляется в системах контроля доступа, видеонаблюдении и учёте рабочего времени, где требуется автоматическая идентификация или верификация личности по изображению лица [1]. Процесс распознавания обычно состоит из последовательных этапов: детекция лицевого региона, выравнивание по опорным точкам, предварительная обработка (нормализация яркости, фильтрация шумов), извлечение признаков и

сопоставление с эталонной базой. Качество предварительной обработки существенно влияет на работу как классических алгоритмов, так и нейросетевых моделей, поэтому в прикладных проектах уделяют большое внимание подготовке входных данных [2,3].

Классические алгоритмы распознавания основаны на линейных преобразованиях и локальных дескрипторах. Метод Eigenfaces (PCA) представляет каждое лицо как линейную комбинацию «собственных лиц» - главных компонент матрицы ковариации обучающей выборки; при

распознавании тестовый образ проецируется в это подпространство, и выбор класса осуществляется по ближайшему расстоянию между проекциями. Данный подход эффективно выделяет общие черты лиц и демонстрирует приемлемую скорость работы на однородных базах, но существенно зависит от освещения и позы, так как указанные факторы изменяют пиксельное представление и, следовательно, структуру главных компонент [4]. Fisherfaces (LDA) улучшает PCA, добавляя цель дискриминативного анализа - максимизацию межклассовой дисперсии и минимизацию внутриклассовой - что повышает разделимость классов и устойчивость к вариациям выражения. Тем не менее LDA остаётся линейным методом и ограничен при значительных искажениях вида и освещения. LBPН (Local Binary Patterns Histograms) строит локальные бинарные шаблоны в небольших регионах лица и агрегирует гистограммы, что обеспечивает методу устойчивость к неравномерному освещению и простоту реализации; это делает LBPН оправданным выбором для встраиваемых терминалов и сценариев с ограниченными ресурсами, хотя при сильной окклюзии или профильном виде точность может заметно падать [6,7].

Переход к нейросетевым методам связан с их способностью автоматически извлекать иерархические признаки и формировать компактные эмбединги лиц. Сверточные нейронные сети (CNN) последовательно выделяют низко- и высокоуровневые характеристики, после чего эмбединги сравниваются по косинусному или евклидову расстоянию. Подходы на основе триплетной функции потерь (Triplet Loss), реализованные в FaceNet, обучают модель так, чтобы расстояние между

эмбедингами одного человека было минимальным по сравнению с эмбедингами других людей, что даёт высокую дискриминацию признаков и отличные результаты на стандартных наборах [9]. Модификация функции потерь в ArcFace (Additive Angular Margin Loss) вводит угловую маржу между классами, что дополнительно увеличивает межклассовую разделимость и показало лучшие результаты на ряде бенчмарков [10]. Эти нейросетевые архитектуры при обширной аугментации и разнообразных обучающих данных демонстрируют высокую инвариантность к изменениям освещения и умеренным наклонам головы, но требуют значительных вычислительных ресурсов и объёмов размеченных данных для обучения.

Устойчивость алгоритмов к практическим условиям - критический фактор при выборе решения. Изменение освещения наиболее критично для методов, оперирующих на пиксельных представлениях: резкие тени и перепады экспозиции изменяют распределение яркости и сдвигают главные компоненты, что приводит к падению точности у PCA/LDA-схем [4]. LBPН, опираясь на локальные бинарные отношения, частично нейтрализует эффект глобальных изменений яркости, однако чувствителен к шумам и сильной деформации. Нейросети, при адекватной аугментации обучения (вариации яркости, контраста, добавление шумов), демонстрируют лучшую робастность к освещению, но их поведение прямо зависит от покрытия соответствующих сценариев учётной выборки. Изменение ракурса остаётся серьёзной проблемой: классические методы, обученные на анфасных снимках, теряют работоспособность при отклонениях свыше 20–30°, LBPН утрачивает информативность при боковом виде,

тогда как CNN-подходы сохраняют работоспособность при умеренных углах, но при профильных ракурсах и значительной окклюзии заметно снижают точность. Частичная окклюзия (маски, шарфы, руки) резко ухудшает распознавание у большинства алгоритмов; это подтверждают отечественные и международные исследования, что подчёркивает необходимость специализированной тренировки и архитектур, устойчивых к закрытию частей лица [5,8].

Сопоставление по метрикам FAR и FRR показывает устойчивое преимущество нейросетевых решений на стандартизованных бенчмарках: при условии корректного выравнивания и богатой обучающей выборки CNN-методы с триплетной потерей или угловой маржой регулярно достигают показателей ассурасы порядка 97–99% и низких значений EER, тогда как классические методы показывают более низкие результаты в сложных условиях. В прикладной практике часто применяют гибридные схемы: на краю системы выполняют быструю детекцию и предварительную фильтрацию (LVPN, простые методы), а централизованно - более тяжёлую нейросетевую верификацию, что позволяет сочетать быстрый отклик и высокую точность при валидации [1,6,8].

Инфраструктурные решения и организации хранения биометрических данных оказывают существенное влияние на производительность и безопасность. Гибридные архитектуры хранения, где реляционные СУБД обслуживают метаданные, а специализированные хранилища эмбеддингов (с индексированием и approximate nearest neighbor) - быстрый поиск, позволяют масштабировать систему при росте базы пользователей; кэширование и контейнеризация сервисов дают гибкость развёртывания. Не

менее важно обеспечить защиту персональных данных: рекомендуется хранить не исходные изображения, а хешированные или зашифрованные эмбеддинги, реализовывать разграничение прав доступа и вести аудит операций в соответствии с рекомендациями по этичному использованию биометрии и действующим правовым нормам [8].

Выбор конкретного алгоритма и архитектуры определяется требованиями к точности, условиями эксплуатации, объёмом доступной обучающей выборки и ресурсами инфраструктуры. Классические методы сохраняют актуальность для встраиваемых систем и задач с ограниченными базами, где важна скорость и простота реализации, тогда как нейросетевые подходы предпочтительны для систем с высокими требованиями к точности и возможностью обучать модели на больших, разнообразных данных. Рекомендуется использовать гибридные схемы и периодически валидировать модели на полевых данных, чтобы снизить влияние смещений и поддерживать требуемый уровень качества распознавания.

Библиографический список

1. Сушков Д.С. Разработка системы контроля и управления доступом на основе распознавания лиц // Молодые исследователи. – 2023. – С. 11–16.
2. Абдуллина Н.М., Будникова И.К. Автоматизированная система регистрации видеонаблюдений на основе методов компьютерного зрения // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. – 2020. – С. 308–310.
3. Лямин И.В. Технология распознавания лиц: сферы применения // Тинчуринские чтения-2021 «Энергетика и цифровая

трансформация». – 2021. – С. 383–385.

4. Исмагилов И.И., Васильева М.Ю. Сжатие цифровых изображений с использованием преобразований Уолша: алгоритмы и сравнительный анализ их эффективности // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2008. – № 9–10. – С. 91–99.

5. Салтанаева Е.А., Куценко С.М. Применение методов распознавания образов при анализе состояния водителя для оценки степени усталости с использованием нейросетевых технологий // Вестник Донского национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2025. – № 2. – С. 54–60.

6. Засыпкин Д.С., Белов Ю.С. Обзор алгоритмов распознавания лица человека в библиотеке OpenCV // E-Scio. – 2021. – № 7.

– С. 80–89.

7. Магамедова Д.М. OpenCV - инструмент компьютерного зрения // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 63-3. – С. 42–48.

8. Коновалов М.Ю., Белоглазов К.А., Павлов А.А. и др. Обзор систем управления базами данных в современных проектах // Наука сегодня: актуальные вопросы теории и практики. – 2025. – С. 40.

9. Schroff F., Kalenichenko D., Philbin J. FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering // CVPR. – 2015. – P. 815–823.

10. Deng J. et al. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition // CVPR. – 2019. – P. 4685–4694.

Информация об авторах

Садиков Риналь Радикович – студент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: sadykov.rina21@mail.ru

Куценко Светлана Мунавировна – доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

Information about the author

Rinal R. Sadykov – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: sadykov.rina21@mail.ru

Svetlana M. Kutsenko – associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

АЛГОРИТМЫ, ПРОГРАММЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Д.Г. Сокол¹, Э.Р. Володин¹

¹ *Кубанский государственный университет*

Аннотация: В статье описан опыт построения трехмерной модели картографического изображения при помощи генерации «шума Перлина» и последующего преобразования его в карту местности.

Ключевые слова: моделирование, шум Перлина, бикубическая интерполяция, картографическое изображение.

MODELING OF CARTOGRAPHIC IMAGES

D.G. Sokol¹, E.R. Volodin¹

¹ *Kuban State University*

Abstract: The article describes the experience of constructing a three-dimensional model of a cartographic image by generating "Perlin noise" and then converting it into a terrain map.

Keywords: modeling, Perlin noise, bicubic interpolation, cartographic image.

Введение. Генерация картографических изображений, а также оптимизация и усовершенствование существующих алгоритмов — задачи, решение которых — важная часть развития индустрии видеоигр и обучающих симуляторов.

Зададимся целью разработать приложение, решающее поставленную задачу, демонстрирующее созданную карту и позволяющее генерировать картографическое изображение. Описывается процесс создания шума Перлина, алгоритм преобразования шума в карту местности и способы усовершенствования существующего алгоритма. Для решения поставленных задач использовались технологии открытого доступа, а именно: язык программирования C++; библиотека SFML; архитектура CUDA.

Шум Перлина — это тип градиентного шума, разработанный Кеном Перлином в 1983 году. Он представляет собой алгоритм генерации сглаженного псевдослучайного шума, который широко используется в компьютерной графике и процедурном моделировании. В отличие от обычного случайного шума, который выглядит хаотичным и не имеет структурных закономерностей, шум Перлина обладает плавными переходами между значениями, создавая более естественные и органичные визуальные эффекты. Основным преимуществом данного метода является его способность формировать детализированные и реалистичные текстуры, поэтому он остается одним из ключевых инструментов в области процедурной генерации графики.

Реализация обычно включает в себя

три этапа: определение сетки случайных векторов градиента, вычисление точечного произведения между векторами градиента и их смещениями и интерполяцию между этими значениями.

В данной статье рассматривается двумерный случай [1]. Пусть w, h — ширина и высота прямоугольной области, внутри которой генерируется шум Перлина. Тогда для $0 < x \leq w, 0 < y \leq h$ получаем следующее определение цвета внутри области, полученного с помощью генерации шума Перлина (0 соответствует чёрному цвету, 255 — белому):

$$f(x, y) = \left\lfloor \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i(x, y) \right\rfloor,$$

$$g_i(x, y) = \text{rnd}_{k,l}(0, 255),$$

$$(x, y) \in \left(\frac{k}{2^i} w, \frac{k+1}{2^i} w \right] \times \left(\frac{l}{2^i} h, \frac{l+1}{2^i} h \right],$$

где $\text{rnd}_{k,l}(0, 255)$, $k, l = \overline{0, 2^i - 1}$, — сгенерированные по равномерному закону распределения целочисленные случайные значения в промежутке от 0 до 255; $i = \overline{1, n}$, где n — количество слоёв (октав) генерируемого шума Перлина [2].

Бикубическая интерполяция — в вычислительной математике расширение кубической интерполяции на случай функции двух переменных, значения которой заданы на двумерной регулярной сетке. Поверхность, полученная в результате бикубической интерполяции, является гладкой функцией на границах соседних квадратов, в отличие от поверхностей, полученных в результате билинейной интерполяции или интерполяции методом ближайшего соседа [3].

При использовании бикубической

интерполяции происходит аппроксимация значений функции не только в узлах сетки, но и на её ребрах. Для этого используется два кубических полинома, один по каждому направлению. После нахождения значений этих полиномов в точке интерполяции происходит интерполяция значений искомой функции на основе найденных полиномов. Такой подход позволяет получить более гладкую поверхность и более точное представление функции на всей области определения. Однако стоит отметить, что бикубическая интерполяция требует больших вычислительных затрат, чем билинейная или интерполяция методом ближайшего соседа.

CUDA (Compute Unified Device Architecture) — это платформа для параллельных вычислений и интерфейс прикладного программирования (API), который позволяет программному обеспечению использовать определенные типы графических процессоров (GPU) для обработки общего назначения, подход, называемый вычислениями общего назначения на графических процессорах (GPGPU). CUDA — это программный уровень, который предоставляет прямой доступ к виртуальному набору команд графического процессора и параллельным вычислительным элементам для выполнения вычислительных ядер. CUDA предназначена для работы с такими языками программирования, как C, C++, и Фортран [4].

Алгоритм построения шума Перлина [5]. Сначала построим несколько белых шумов разной детализации (рисунок 1).

Далее применим интерполяцию к каждой октаве (рисунок 2).

Найдем среднее взвешенное между каждой октавой и на основе полученного строим новое изображение — это и будет

искомый шум (рисунок 3).

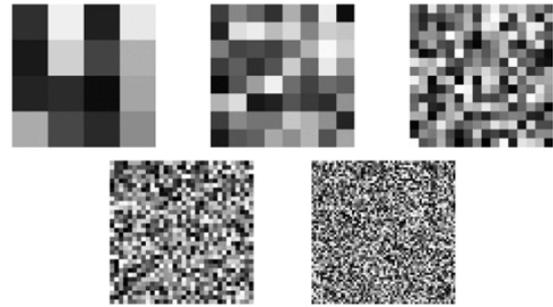


Рис. 1. Белые шумы разной детализации

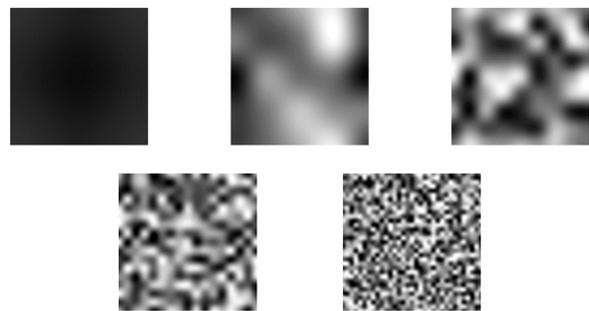


Рис. 2. Шумы, к которым применена бикубическая интерполяция

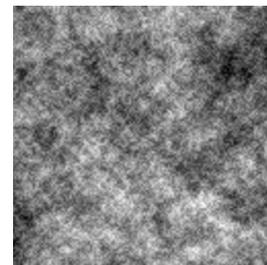


Рис. 3. Шум Перлина

Преобразование шума Перлина в физическую карту. Имеем двумерный массив, содержащий значения в диапазоне от 0 до 1. Можно воспринимать его как поверхность, где координатами являются x и y — значения строк и столбцов, а z — значения массива в соответствующих строках и столбцах.

В зависимости от высоты этой поверхности будем раскрашивать

изображение. Если значение меньше 0,6, то будем использовать голубой цвет (напоминающий цвет моря), если значение находится в диапазоне между 0,6 и 0,62, то пиксель окрасится в желтый цвет (напоминающий цвет песка). Если значение находится в диапазоне между 0,62 и 0,97, то цвет будет зеленым (напоминающим траву или лес). Наконец, если значение превышает 0,97, то пиксель будет окрашен в белый цвет (напоминающий снежную шапку на горах) (рисунок 4).

Построим еще один шум Перлина и там, где у этого нового шума значения цвета находятся между 0,6 и 0,62, построим на исходном изображении реки (того же цвета, что и море) [6]. Полученное изображение похоже на картографическое, но его реализм можно улучшить.

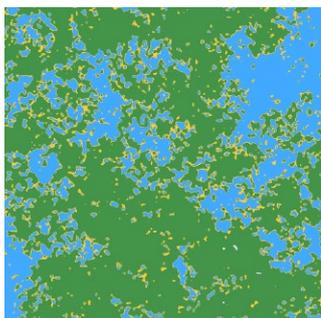


Рис. 4. Полученная карта местности

Преобразование существующего алгоритма для увеличения реалистичности картографического изображения. Чтобы «суша» на полученном изображении выглядела более реалистично, внесем изменения в алгоритм построения шума Перлина. На третьем этапе, при поиске среднего арифметического между изображениями, каждое изображение умножим на соответствующие коэффициенты, изображение с наименьшей детализацией умножим на 1/2, изображение с детализацией больше — на 1/4, изображение с

детализацией еще больше на 1/8 и так далее. Получится более «кучный» шум Перлина (рисунок 5).

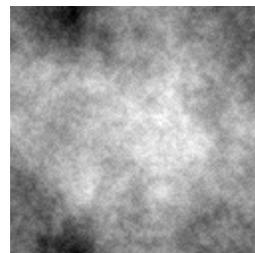


Рис. 5. «Кучный» шум Перлина

Далее, чтобы центрировать наивысшую точку полученной поверхности, умножим значения массива на значения z параболоида, как бы «натягивая» полученную поверхность на параболоид:

$$1 - ((x - 0,5)^2 + (y - 0,5)^2) = z$$

Модернизируем моделирование рек, так чтобы их положение зависело от топологии:

- 1) найдем наивысшую точку;
- 2) из нее выпустим вектор определенной длины в точку с наименьшей высотой и отрисуем линию от начала вектора до его конца цвета воды;
- 3) из точки с наименьшей высотой, в которую попал вектор, выпустим еще один вектор по тому же принципу, и также отрисуем линию;
- 4) будем продолжать выпускать вектор, пока не попадем в точку со значением меньшим чем 0,6, то есть в море;
- 5) получим отрисованную реку.

Полученный алгоритм напоминает метод градиентного спуска с тем только отличием, что вектор, с помощью которого происходит спуск, имеет постоянную заданную длину [7].

Также ограничим сектор поиска точки с наименьшей высотой, чтобы избежать попадания реки на саму себя и заикливания

алгоритма в одной области. А также будем рисовать реку шире, чем ниже высота, на которой она находится (рисунок 6).



Рис. 6. Смоделированное изображение реки

Однако, при использовании ограничения сектора поиска точки с наименьшей высотой проблема заикливания в одной локальной низине не решается полностью, если низина будет достаточно большой, алгоритм начнет вести себя нереалистично. На карте появятся артефакты в виде «петель» (рисунок 7).



Рис. 7. Изображение реки с графическими артефактами в виде «петель»

Чтобы исправить данную проблему, была реализована проверка посещённых точек. Все координаты, где уже была проведена река, сохраняются в хэш-сет. Алгоритм больше не может возвращаться в эти точки — это устранило заикливание, а

также алгоритм начал рисовать озера, основываясь на поверхности ландшафта.

Добавим отображение теней, чтобы видеть рельеф, и картинка не казалась «плоской». Для этого необходимо добавить дополнительные атрибуты для каждой точки изображения. Эти атрибуты позволят учитывать влияние световых источников и соседних элементов рельефа, корректируя яркость и оттенки таким образом, чтобы создать иллюзию объемности. Например, каждой точке суши можно присвоить значение интенсивности тени, которая зависит от количества точек, находящихся выше ее по диагонали вправо-вверх. Это позволит имитировать эффект затенения, когда части рельефа, находящиеся ниже, получают меньше света и выглядят темнее.

Аналогично, для точек, относящихся к водной поверхности, можно присвоить значение тени, зависящее от глубины. Чем глубже участок воды, тем менее освещенным он должен выглядеть, что можно выразить с помощью более темных оттенков синего цвета. Такой подход поможет передать визуальную разницу между неглубокими прибрежными зонами и глубокими участками водоемов, делая картину более реалистичной.

Кроме того, учитывая направление освещения, можно задать дополнительные параметры для теней, например, мягкость границ и интенсивность переходов между освещенными и затененными областями. Чем более резкое освещение, тем четче будут границы теней, а при рассеянном свете тени будут мягкими и плавными. Этот эффект можно регулировать с помощью градиентных переходов и изменения цветовой палитры изображения (рисунок 8).

Трехмерная визуализация поверхности. Для создания реалистичной

трехмерной сцены применяется метод трассировки лучей по карте высот. Этот подход позволяет точно моделировать геометрию поверхности, определять точки пересечения с виртуальным наблюдателем и корректно рассчитывать освещение. Визуализация основана на обработке текстурных данных высот и цветов. Полученные значения используются для расчета нормалей, освещения и финального цвета пикселя.



Рис. 8. Финальное картографическое изображение

Вершины поверхности извлекаются из карты высот с учетом вращения и смещения. Для точного вычисления нормалей применяется два метода:

1) градиентный метод, который анализирует высоты соседних точек и вычисляет локальную нормаль на основе разностей значений;

2) метод бикубической интерполяции, использующий сплайны Кэтмулл-Рома для сглаживания переходов между вершинами и более естественного отображения рельефа.

После определения точки пересечения луча с поверхностью вычисляется ее положение в локальных координатах, используя билинейную интерполяцию. На финальном этапе цвет пикселя берется из текстуры, а его яркость модифицируется с учетом угла падения света. При отсутствии

пересечения пиксель остается черным, что соответствует пустому пространству без поверхности.

Для повышения скорости визуализации реализован многоуровневый иерархический поиск, который сокращает количество проверяемых треугольников. Процесс включает:

- 1) первоначальное разбиение пространства на крупные квадраты;
- 2) уточнение диапазона до более детализированных областей;
- 3) анализ только вероятных областей пересечения, позволяющий минимизировать вычисления.

Кроме того, встроены механизмы динамического вращения сцены, сглаживания рельефа и интерактивных манипуляций с камерой, что делает трехмерную визуализацию более гибкой и реалистичной (рисунок 9).

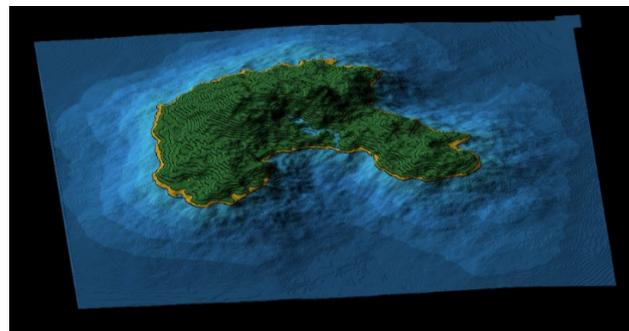


Рис. 9. Финальное трехмерное изображение

Заключение. Таким образом, была решена задача генерации картографического изображения, разработан алгоритм моделирования рек на картографическом изображении, улучшен существующий алгоритм построения шума Перлина, добавлен механизм увеличения «кучности» шума и его центрирования. Итогом разработки является приложение, позволяющее демонстрировать сгенерированную карту. Алгоритм был переработан для вычисления как

на центральном процессоре, так и на графическом.

Библиографический список

1. Классический шум Перлина (Perlin noise) и Симплекс шум (Simplex noise) // Wonderville Engine Blog (27.08.2009): сайт. – 2023. – URL: <http://blog.wonderville.ru/perlin-noise-simplex-noise/>

2. Noise Hardware / Ken Perlin / In Real-Time Shading SIGGRAPH Course Notes (2001), Olano M., (Ed.): [Электронный ресурс]. – 2001. – URL: <http://www.csee.umbc.edu/~olano/s2002c36/ch02.pdf>

3. R. Keys. Cubic convolution interpolation for digital image processing // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal

Processing: journal. — 1981. — Vol. 29, no. 6. — P. 1153–1160. — DOI: <https://www.doi.org/10.1109/TASSP.1981.1163711>.

4. Bicubic Interpolation Example/ wiki-media / Berland: сайт. – 2010. – URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BicubicInterpolationExample.png>

5. Ken Perlin // MAKING NOISE: сайт. – 2023. – URL: <http://www.noise-machine.com/talk1/>

6. Bilinear Interpolation Example / wiki-media / Berland: сайт. – 2007. – URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bi-lininterp.png>

7. Вержбицкий, В. М. Основы численных методов: учебное пособие / В. М. Вержбицкий. – М.: Высшая школа, 2009. – 840 с. – ISBN 9785060061239.

Информация об авторах

Сокол Дмитрий Григорьевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры вычислительной математики и информатики, Кубанский государственный университет (350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149), e-mail: sokoldg@mail.ru.

Володин Эдуард Романович – студент, Кубанский государственный университет (350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149), e-mail: sir.prizrak1@yandex.ru.

Information about the author

Sokol Dmitry Grigorievich – Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Computational Mathematics and Computer Science, Kuban State University (149 Stavropol Street, Krasnodar, 350040), e-mail: sokoldg@mail.ru.

Volodin Eduard Romanovich – student, Kuban State University (149 Stavropol Street, Krasnodar, 350040), e-mail: sir.prizrak1@yandex.ru.

УДК 004.421

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «КРЕСТИКИ НОЛИКИ»

В.Е. Киселева¹, Т.В. Волобуева¹

¹ Воронежский государственный технический университет

Аннотация: создано игровое мобильное приложение, которое не только реализует классическую игровую механику игры «Крестики-нолики», но и предлагает дополнительные возможности, улучшающие пользовательский опыт.

Ключевые слова: мобильное приложение, проектирование, Android Studio, Java.

DEVELOPMENT OF THE «TIC TAC TOE» MOBILE GAME APPLICATION

V.E. Kiseleva¹, T.V. Volobueva¹

¹ Voronezh State Technical University

Abstract: A mobile gaming application has been created that not only implements the classic «Tic-Tac-Toe» game mechanics, but also offers additional features that enhance the user experience.

Keywords: mobile application, design, Android Studio, Java.

ВВЕДЕНИЕ

Среди мобильных приложений особое место занимают логические и стратегические игры, которые не только служат развлечением, но и способствуют развитию когнитивных способностей, логического мышления и концентрации внимания. Одной из таких классических игр, сохраняющей свою актуальность на протяжении десятилетий, является «Крестики-нолики». Актуальность разработки мобильной версии игры «Крестики-нолики» обусловлена постоянным спросом на простые, но увлекательные игры, возможностью реализации искусственного интеллекта разного уровня сложности, а также удобством использования на портативных устройствах в любое время и в любом месте. В работе реализовано проектирование и разработка полнофункционального мобильного приложения «Крестики-нолики» для операционной системы Android. Рынок мобильных приложений «Крестики-нолики» характеризуется высокой конкуренцией. Анализ конкурентных приложений показал общие для всех проблемы: навязчивая реклама, прерывающая игровой процесс (в 90% бесплатных приложений); не интуитивная навигация (особенно в перегруженных интерфейсах); отсутствие адаптации для разных размеров экрана; долгие загрузки из-за тяжелых ресурсов; утечки памяти при частом переключении между играми; неоптимизированные алгоритмы ИИ, вызывающие лаги; отсутствие обработки edge-cases (например, быстрый двойной тап); неполная поддержка жизненного цикла Android; примитивный искусственный интеллект, не

представляющий вызова опытным игрокам; однообразный геймплей без вариативности; минимальная образовательная ценность.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ.

Функциональные требования к системе: реализация классической игры на поле 3×3, два режима: два игрока и игрок против искусственного интеллекта, и система учёта результатов (счёт побед, поражений, ничьих), механизм новой игры и сброса счёта, адаптация интерфейса к разным размерам и ориентациям экрана.

Нефункциональные требования к системе: производительность (быстрый отклик на действия пользователя), надёжность: отсутствие критических ошибок и утечек памяти, удобство использования: интуитивно понятный интерфейс, совместимость: работа на Android 8.0 и выше, экономичность: минимальное потребление заряда батареи.

Архитектура приложения построена по модифицированной модели MVC с элементами слоистой архитектуры и принципов чистой архитектуры. Основная цель архитектурного решения - обеспечение модульности, масштабируемости и лёгкости поддержки при сохранении высокой производительности, критически важной для мобильных игровых приложений.

Система разделена на три основных слоя, каждый из которых имеет чётко определённые ответственности и интерфейсы взаимодействия: презентационный слой отвечает за взаимодействие с пользователем,

доменный слой содержит бизнес-логику и правила игры, слой данных управляет хранением и обработкой данных. Центральным компонентом презентационного слоя является MainActivity, который выполняет роль координатора всей системы. Его основные функции: управление жизненным циклом приложения в соответствии с Android Framework, обработка пользовательского ввода (касания, нажатия кнопок), координация взаимодействия между различными компонентами системы, управление состоянием пользовательского интерфейса [1-4]. MainActivity реализует паттерн Наблюдатель для отслеживания изменений в игровом состоянии и автоматического обновления UI. Для обработки асинхронных операций (например, "думанья" искусственного интеллекта) используются Handler и Runnable, что позволяет избежать блокировки UI-потока [5-7].

Диаграмма вариантов использования, отражающая основные действия, доступные пользователям представлена на рисунке 1.

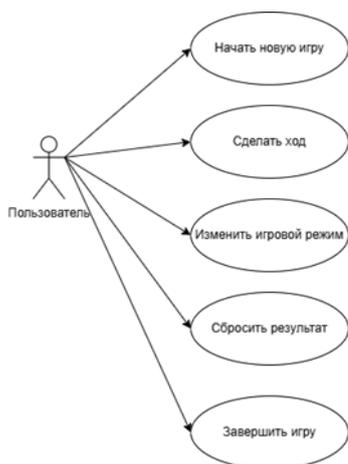


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Данная диаграмма вариантов использования охватывает все основные сценарии взаимодействия пользователя с системой и служит основой для проектирования

интерфейса и реализации бизнес-логики приложения.

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ (ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

Для разработки приложения были выбраны следующие технологии и инструменты: язык программирования: Java, среда разработки: Android Studio, Минимальная версия SDK: Android 8.0 (API 26),

При запуске программы отображается главный экран (рисунок 2) с заголовком "КРЕСТИКИ-НОЛИКИ". По умолчанию активен режим "Два игрока", о чём свидетельствует соответствующая надпись. Игровое поле 3×3 отображается в центре экрана. Статусная строка показывает: "Ход игрока: X". Внизу отображается текущий счёт: "X: 0 | O: 0 | Ничьи: 0".

Основные сценарии использования:

Сценарий 1 игра двух игроков: игрок X нажимает на любую свободную ячейку. В ячейке появляется красная буква "X" с анимацией появления. Статус обновляется: "Ход игрока: O". Игрок O нажимает на другую свободную ячейку. В ячейке появляется синяя буква "O" с анимацией (рисунок 3). Игроки продолжают поочередно ходить до определения победителя или ничьей. При победе одного из игроков (рисунок 4):

- Выигрышная комбинация подсвечивается зелёным цветом и пульсирует.
- Воспроизводится победный звук.
- Отображается сообщение "Победил X!" или "Победил O!".
- Счёт обновляется автоматически.
- Через 2,5 секунды начинается новая игра.

При ничьей: воспроизводится звук ничьей. Отображается сообщение "Ничья!". Счёт ничьих увеличивается.

Сценарий 2: Игра против ИИ (рисунок 5). Пользователь нажимает кнопку

"Режим". Режим переключается на "Против ИИ". Игра начинается заново. Пользователь (играющий за X) делает первый ход. После хода пользователя статус меняется на "ИИ думает...". Через 0,8–1,5 секунды ИИ делает свой ход (синяя "O").



Рис. 2. Окно главного экрана



Рис. 3. Анимация хода игрока «O»

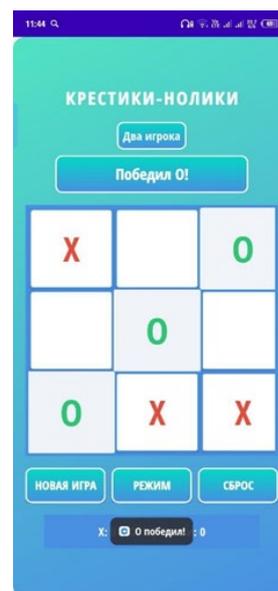


Рис. 4. Победа игрока «O»

Алгоритм ИИ использует стратегическую логику: в первую очередь пытается выиграть. Если выигрыш невозможен, блокирует выигрышную комбинацию игрока. Предпочитает центральную и угловые ячейки. Игра продолжается до завершения.

Сценарий 3: Управление игрой. Новая игра: нажатие кнопки "Новая игра" немедленно очищает поле и начинает новую партию без сброса счёта. Сброс счёта: Нажатие кнопки "Сброс" вызывает диалоговое окно с подтверждением. После подтверждения статистика обнуляется. Смена режима: Кнопка "Режим" позволяет переключаться между игрой вдвоём и игрой против ИИ.

В ходе достижения поставленной цели работы проведен анализ предметной области и существующих аналогов. Разработаны модели программы с использованием методологий IDEF0 и UML. Определено оптимальное архитектурное решение для мобильного приложения. Реализована игровая логика с поддержкой двух режимов: для двух игроков и игры против ИИ. Разработан интуитивно понятный адаптивный интерфейс, корректно работающий на

устройствах с разными размерами экранов.



Рис. 5. Режим игры против ИИ

Создан искусственный интеллект со стратегической логикой, имитирующей поведение опытного игрока. Интегрированы мультимедийные элементы: три вида анимации и три звуковых эффекта. Реализована система сохранения состояния игры и настроек пользователя. Обеспечена корректная обработка жизненного цикла приложения и освобождение ресурсов. Тестирование: приложение было проверено на

эмуляторе и физическом устройстве для исключения ошибок.

Библиографический список

1. Google Developers. Официальная документация Android. [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.android.com/docs>.
2. Филлипс Б., Харди Б. Android. Программирование для профессионалов. — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2021. — 1248 с.
3. Гриффитс Д., Гриффитс Д. Head First. Разработка Android-приложений. — СПб.: Питер, 2020. — 816 с.
4. Ресурсы для разработчиков Android на Habr. [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/hub/android_dev/.
5. Хорстманн К., Корнелл Г. Java. Библиотека профессионала. Том 1. Основы. — 11-е изд. — М.: Диалектика, 2022. — 864 с.
6. Блох Дж. Java. Эффективное программирование. — 3-е изд. — М.: Лори, 2019. — 464 с.
7. Макконнелл С. Совершенный код. — 2-е изд. — М.: Русская редакция, 2017. — 896 с.

Информация об авторах

Киселева Валерия Евгеньевна – студент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел. 7(473) 271-52-70, e-mail: victoryk1seleva@yandex.ru

Волобуева Татьяна Витальевна – кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел. 7(473) 271-52-70; e-mail: tv190470@yandex.ru

Information about the author

Valeria E. Kiseleva – student of the Department of Control Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph. 7(473) 271-52-70, e-mail: victoryk1seleva@yandex.ru

Tatyana V. Volobueva – candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor; associate Professor of the Department of Control Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph. 7(473) 271-52-70; e-mail: tv190470@yandex.ru

УДК 004.421

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «РАКЕТА»

Е.Р. Никитина¹, Т.В. Волобуева¹

¹ Воронежский государственный технический университет

Аннотация: В статье рассматривается процесс разработки игрового мобильного приложения "Ракета" для Android-устройств. На примере процесса реализации данного приложения рассмотрены базовые этапы

разработки мобильного приложения: формулирование требований, проектирование и программная реализация компонентов, тестирование.

Ключевые слова: мобильное приложение, проектирование, разработка, тестирование, Android Studio, Kotlin.

DEVELOPMENT OF THE MOBILE GAMING APPLICATION «ROCKET»

E.R. Nikitina¹, T.V. Volobueva¹

¹ Voronezh State Technical University

Abstract: The article discusses the process of developing a mobile gaming application "Rocket" for Android devices. Using the example of the implementation process of this application, the basic stages of mobile application development are considered: formulation of requirements, design and software implementation of components, testing.

Keywords: mobile application, design, development, testing, Android Studio, Kotlin.

ВВЕДЕНИЕ

Мобильные игры представляют собой одну из самых конкурентных и динамично развивающихся отраслей программирования. Целью работы является создание увлекательного аркадного приложения, в котором пользователь управляет космическим кораблём, преодолевая препятствия, собирая бонусы и стремясь улучшить свои результаты. Анализ существующих аналогов показал, что наряду с преимуществами некоторые из них имеют высокий порог входа, очень высокую сложность либо являются относительно старой игрой вызывающих чувство однообразия. В этой авторской работе приложение ориентировано на динамичный игровой процесс имеет визуальную привлекательность и интуитивно понятное управление, увлекательную систему таблицы лидеров [1-2].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ.

Функциональные требования охватывают управление игровым процессом (запуск, пауза, рестарт), обработку пользовательского ввода, сбор предметов, столкновения, ведение статистики (рекорды, монеты, достижения), разблокировку контента (модели ракет, фоны) и настройки

(звук, сложность). Для расширения возможностей предусмотрена архитектура, допускающая интеграцию с внешними сервисами, такими как таблицы рекордов и рекламные сети.

Нефункциональные требования включают высокую производительность (стабильные 60 FPS, мгновенный отклик на ввод), надёжность (минимальное количество сбоев, автоматическое сохранение прогресса), удобство (интуитивный интерфейс, быстрое начало игры) и совместимость с современными версиями Android в портретной ориентации. Также предъявляются требования к безопасности локальных данных пользователя.

Диаграмма вариантов использования (рисунок 1) показывает, какие возможности система предоставляет пользователю. Она фиксирует ключевые сценарии взаимодействия: игрок может начать игру, управлять ракетой, собирать бонусы, сталкиваться с препятствиями, а также просматривать свой прогресс и настраивать параметры. Диаграмма определяет границы системы и служит основой для формирования функциональных требований.

Диаграмма последовательности (рисунок 2) детализирует, как объекты системы взаимодействуют во времени в

рамках конкретных сценариев, таких как запуск игры, процесс управления или завершение сессии. Она визуализирует поток

сообщений между компонентами, что позволяет проанализировать и оптимизировать логику выполнения критических операций.

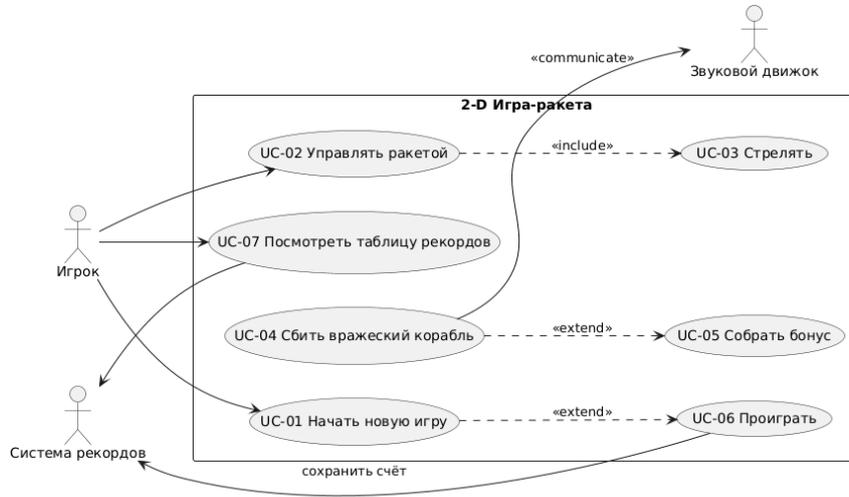


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

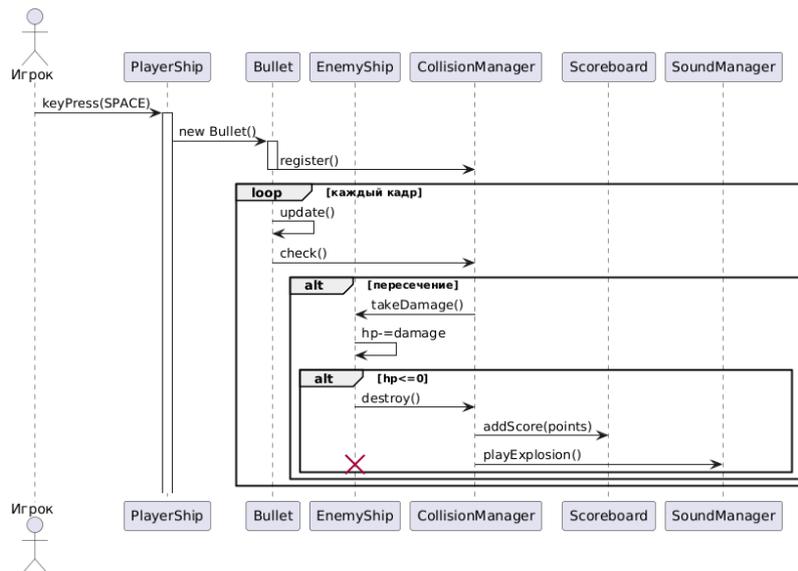


Рис. 2. Диаграмма последовательности

Требования к программному, аппаратному обеспечению: персональный компьютер с характеристиками - оперативная память 8 ГБ или больше, процессор Intel Core i3 (или аналог) и выше, накопитель SSD, не менее 256 ГБ, графическая карта интегрированная или дискретная, поддерживающая OpenGL ES 2.0; смартфон с операционной системой Android

(рекомендуемая версия Android 6.0 и выше) для тестирования. операционная система Windows 10 / macOS / Linux, среда разработки (IDE) Android Studio Arctic Fox 2020.3.1 и выше, язык программирования Kotlin версии 1.5.31 [3], средства для проектирования UML PlantUML [4], версионный контроль Git (GitHub для хранения репозитория), тестирование на встроенном

эмуляторе Android Studio, физическое устройство Android для проверки производительности.

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ (ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

Диаграмма классов (рисунок 3) описывает внутреннюю архитектуру приложения, представляя основные программные

компоненты и связи между ними. Она включает такие классы, как игровой движок, объекты ракеты и препятствий, менеджеры данных и настроек. Эта диаграмма задаёт статическую структуру кода, распределяя ответственность между модулями и определяя их взаимодействие.

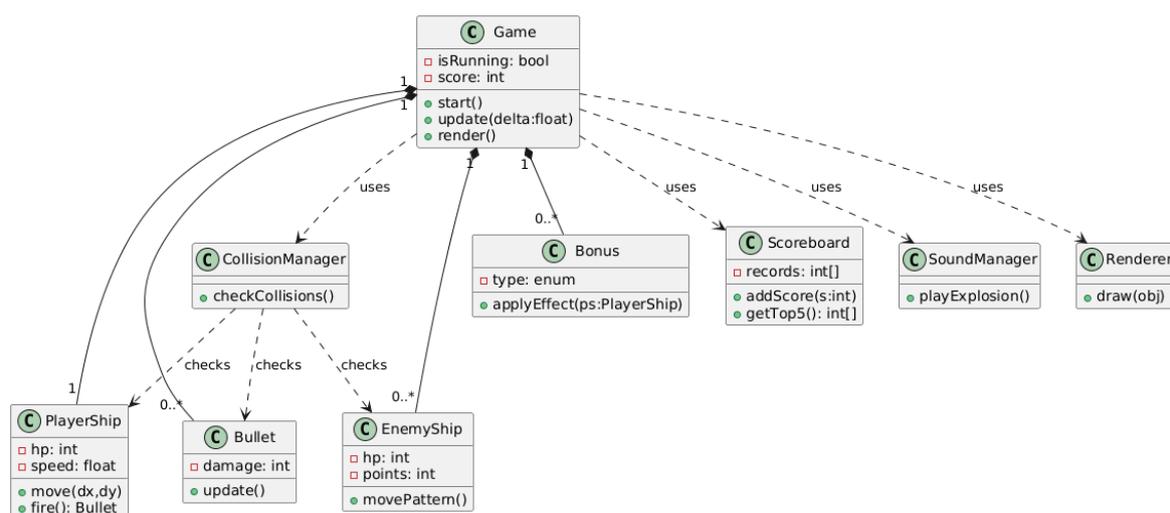


Рис. 3. Диаграмма классов

Архитектура приложения будет сочетать компоненты Android с кастомным игровым ядром. Управление жизненным циклом и интерфейсами экранов (главное меню, гараж, настройки) будет построено на основе Activity, Fragment и компонентов Jetpack, таких как ViewModel и LiveData/StateFlow, для обеспечения реактивности и сохранения данных при повороте экрана. Ключевая игровая механика и рендеринг будут реализованы в отдельном модуле на основе SurfaceView и Canvas, что даст полный контроль над игровым циклом и частотой кадров, необходимый для динамичного геймплея. Для асинхронных операций, таких как загрузка ресурсов или обработка логики, будут использоваться корутины Kotlin как наиболее современный и

эффективный инструмент [3-5].

Хранение данных пользователя (рекорды, настройки звука, игровая валюта) будет организовано с помощью DataStore, что обеспечит надёжное и производительное локальное сохранение прогресса. Графическая составляющая будет реализована через отрисовку 2D-спрайтов на Canvas, что является оптимальным по производительности и контролю решением для игры данного жанра, в отличие от более тяжелых кроссплатформенных или игровых движков.

Технологический стек Kotlin, Android Studio, кастомный игровой цикл на Canvas и современные архитектурные компоненты Android является наиболее целесообразным и сбалансированным для данного

авторского проекта. Он позволяет сфокусироваться на ключевых аспектах разработки мобильной игры (производительность, отзывчивое управление, работа с графикой) с использованием актуальных и рекомендованных инструментов, обеспечивая при этом высокую производительность конечного продукта и соответствие всем поставленным функциональным требованиям.

При запуске игры открывается начальное окно, представленное на рисунке 4.

В ходе достижения поставленной цели работы были изучены принципы разработки мобильного приложения, особенности жанра аркадных игр, существующие аналоги, сформулированы функциональные и нефункциональные требования к приложению, спроектирована, реализована и протестирована мобильная игра «Ракета» для операционной системы Android. Разработана архитектура приложения, сочетающая современные компоненты Android Jetpack (ViewModel, DataStore) для управления интерфейсом и данными пользователя с собственным высокооптимизированным игровым ядром на базе SurfaceView и Canvas, что обеспечило стабильную частоту кадров и мгновенный отклик на действия игрока [6-8].



Рис. 4. Начальное окно приложения

Когда игра запущена открывается интерфейс, представленный на рисунке 5.



Рис. 5. Игровой интерфейс приложения

Когда игра заканчивается пользователю демонстрируется сколько очков набрал игрок (рисунок 6).

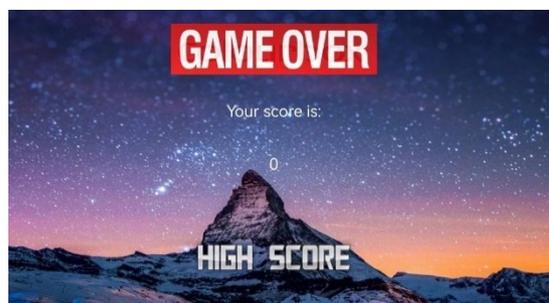


Рис. 6. Окно завершения игры

Приложение реализует весь запланированный функционал: основную игровую механику полёта и уклонения от препятствий, систему сбора внутриигровых ресурсов и разблокировки контента, отслеживание достижений, а также сохранение прогресса пользователя. Особое внимание было уделено оптимизации производительности и удобству пользовательского интерфейса, что подтверждено тестированием на различных устройствах.

Выбранный технологический стек доказал свою эффективность для решения поставленной задачи, позволив создать отзывчивое и визуально привлекательное приложение без использования избыточных игровых движков. Разработанное приложение «Ракета» представляет собой законченный, готовый к публикации продукт. Проект

может служить основой для дальнейшего расширения функциональности, например, за счёт добавления сетевых таблиц рекордов, новых типов препятствий и игровых режимов.

Библиографический список

1. Бочаров В.В. Разработка мобильных приложений: учебное пособие. — М.: Инфра-М, 2022. — 240 с.
2. Григорьев С.Н. Проектирование и разработка мобильных приложений. — М.: Инфра-М, 2021. — 288 с.
3. Гордеев А.А. Android. Программирование для профессионалов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 480 с.
4. Климов Д.В. Программирование под Android на Kotlin. — М.: ДМК Пресс, 2020.

— 352 с.

5. Kotlin. Документация [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kotlinlang.org/docs>. — Дата обращения: 09.06.2025.

6. Jetpack Compose. Документация [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://developer.android.com/jetpack/compose>. — Дата обращения: 09.06.2025.

7. Android Developers. Официальная документация [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://developer.android.com/docs>. — Дата обращения: 09.06.2025.

8. Material Design 3. Руководство по интерфейсам [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://m3.material.io>. — Дата обращения: 09.06.2025.

Информация об авторах

Никитина Екатерина Романовна – студент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел. 7(473) 271-52-70, e-mail: katyanikitos@gmail.com.

Волобуева Татьяна Витальевна – кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел. 7(473) 271-52-70; e-mail: tv190470@yandex.ru.

Information about the author

Ekaterina R. Nikitina – student of the Department of Control Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph. 7(473) 271-52-70, e-mail: katyanikitos@gmail.com.

Tatyana V. Volobueva – candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor; associate Professor of the Department of Control Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph. 7(473) 271-52-70; e-mail: tv190470@yandex.ru.

УДК 004.421

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ANDROID УСТРОЙСТВА

Р.А. Курганников¹, Т.В. Волобуева¹

¹ *Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: В статье рассматривается процесс разработки развлекательного мобильного приложения для детей, ориентированного на операционную систему Android. На примере процесса реализации данного приложения рассмотрены базовые этапы разработки мобильного приложения: формулирование требований, проектирование и программная реализация компонентов, тестирование.

Ключевые слова: мобильное приложение, проектирование, разработка, тестирование, Java, Android Studio.

DEVELOPING A MOBILE APPLICATION FOR AN ANDROID DEVICE

R.A. Kurgannikov¹, T.V. Volobueva¹

¹ Voronezh State Technical University

Abstract: The article discusses the process of developing an entertaining mobile application for children based on the Android operating system. Using the example of the implementation process of this application, the basic stages of mobile application development are considered: formulation of requirements, design and software implementation of components, testing.

Keywords: mobile application, design, development, testing, Java, Android Studio

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: Многие родители не знают, как помочь детям лучше развивать свой кругозор, как сделать учебу приятным и интересным процессом. В современном мире эту проблему решают развивающе-развлекательные приложения. Благодаря приложениям современные дети учат таблицу умножения, учатся рисовать и т.д. Детские приложения - очень важная часть рынка мобильных приложений, пусть пока и не такая развитая [1-2]. Анализ существующих аналогов показал, что наряду с преимуществами некоторые из подобных

приложений имеют непонятный интерфейс, вытянутые изображения животных, являются узконаправленными, имеют излишнюю загруженность пользовательского интерфейса, рекламу для разблокировки всех животных. В этой авторской работе разрабатывается приложение, содержащее исключительно интерактивные элементы управления, в основе которых будут лежать медиафайлы, позволяющие ребенку быть вовлеченным в процесс игры.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ.

Таблица 1 Функциональные требования

Идентификатор функционального требования	Описание
FUN-01	Обработка аудиофайлов приложения.
FUN-02	Вывод аудио файла.
FUN-03	Определение группы звуков.
FUN-04	Обработка выбора пользователя.

В таблицах ниже перечислены все нефункциональные требования:

Таблица 2 Требования удобства использования

Идентификатор требования удобства	Описание
USA-01	Интуитивно понятный интерфейс.
USA-02	Отсутствие тек

Таблица 3 Требования надежности использования

Идентификатор требования надежности	Описание
REL-01	Разработанная программа должна обладать средствами защиты от ошибочных действий пользователя.

Таблица 4 Требования производительности

Идентификатор требования производительности	Описание
PER-01	Пользователь должен воспринимать работу системы, как «мгновенную».
PER-02	Система должна быть отказоустойчива при ошибочных действиях пользователя или сбоях аппаратных сред

Таблица 5 Требования поддерживаемости

Идентификатор требования поддерживаемости	Описание
SUP-01	Система должна обладать локализацией.
SUP-02	Система должна быть проста в установке.
SUP-03	Система должна обладать возможностью работы с медиафайлами.
SUP-04	Система должна поддерживать работу с сенсорами устройства.
SUP-05	Поддержка тестируемости программного артефакта

Таблица 6 Требования к интерфейсам

Идентификатор требования к интерфейсам	Описание
INT-01	Правильный выбор цветовой гаммы системы.
INT-02	Расположение и размеры компонентов системы не должны быть избыточны.
INT-03	Компоненты системы должны удовлетворять требованиям пользователя для удобного использования

Таблица 7 Требования к дизайну

Идентификатор требования к дизайну	Описание
DES-01	Программный продукт, а также документация к нему должны быть составлены и спроектированы с расчетом на длительный срок эксплуатации.

Таблица 8 Физические требования

Идентификатор физического требования	Описание
HAR-01	Количество свободного места на накопителе для установки приложения: 100 МБ.
HAR-02	Минимальный объем оперативной памяти – 2 Г

Таблица 9 Требования совместимости

Идентификатор требования совместимости	Описание
COM-01	Наличие у пользователя устройств с ОС Android 10 и выше

Таблица 10 Требования безопасности

Идентификатор требования безопасности	Описание
SEC-01	Скрытие программной части от пользователя

Таблица 11 Применимые стандарты

Идентификатор требования стандартов	Описание
STD-01	ГОСТ 15.016-2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению
STD-02	ГОСТ 34.601-90 Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы

На рисунке 1 представлена IDEF0 диаграмма, которая отразит процессы в разрабатываемом приложении [3-4].

Здесь – входные данные: картинка звука, пользовательский выбор, звуки. Управляющее воздействие: пользователь, SQLite, логика приложения. Механизмы: ОС «Android». Выходные данные: аудио файл. На рисунке 2 представлен первый уровень IDEF0 диаграммы.

Основные функции:

- Заполнение базы данных. Входными данными являются непосредственно файлы, которые записываются в БД и используются в дальнейшей работе программы. Управляющее воздействие: SQLite, потому что БД реализована с помощью запросов и правил построения данной СУБД.

- Инициализация действия. Главная функция по работе с выбором пользователя, здесь инициализируются все элементы управления. Управляющее

воздействие осуществляется пользователем.

- Создание МедиаПлеера. Осуществление воспроизведения аудио файлов на мобильных приложениях осуществляется с помощью создания экземпляров класса MediaPlayer, в который передается выбранный звук. Управляющее воздействие осуществляется логикой приложения.

- Вывод аудиофайла. Функция воспроизведения аудио файла, является завершающей точкой во взаимодействии пользователя с программой.

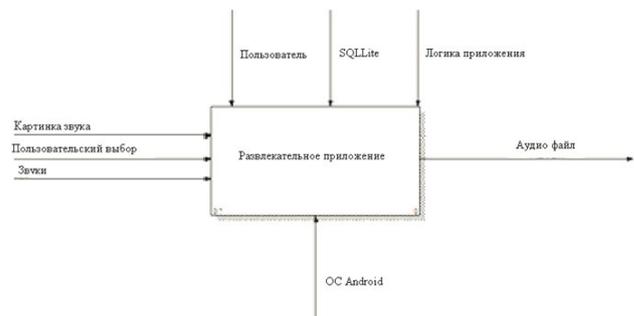


Рис. 1. Контекстная IDEF0 диаграмма

На рисунках 3-4 представлены диаграммы последовательности для отслеживания взаимодействий между

компонентами системы, а также пользователем и системой.

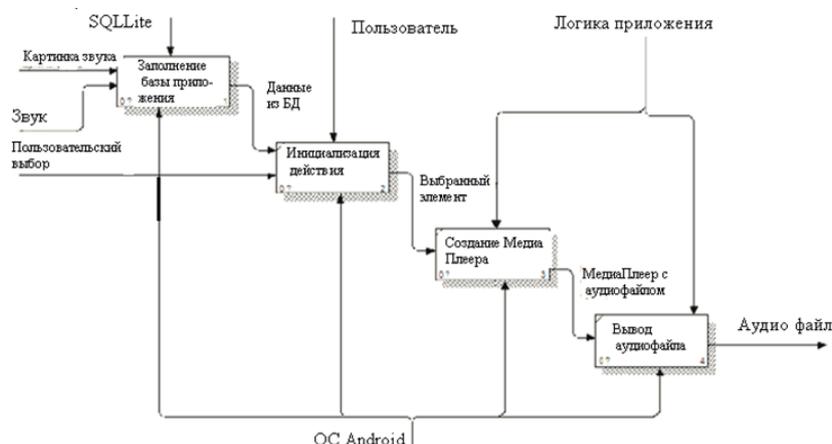


Рис. 2. IDEF0 диаграмма – первый уровень

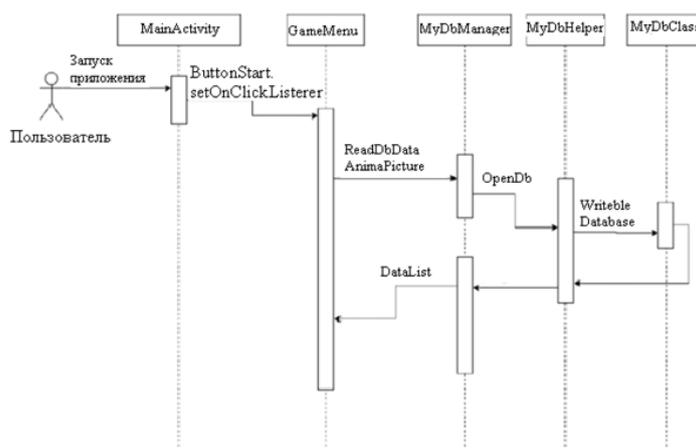


Рис. 3. Диаграмма последовательности для взаимодействия с БД

На представленной диаграмме рассмотрен следующий сценарий:

1. Пользователь нажимает на главном экране кнопку «Начать».
2. Инициализируется экран со звуками.
3. GameMenu обращается к БД, чтобы прочесть данные для картинок и музыки.
4. MyDbManager выполняет запрос по открытию базы данных.
5. Запрос для открытия получен от

MyDbClass.

6. MyDbManager считывает данные из базы данных.
7. MyDbManager возвращает список картинок и музыки.
8. Элемент устанавливаются на интерфейс.

На рисунке 4 представлена последовательность создания аудиофайла. На представленной диаграмме рассмотрен следующий сценарий:

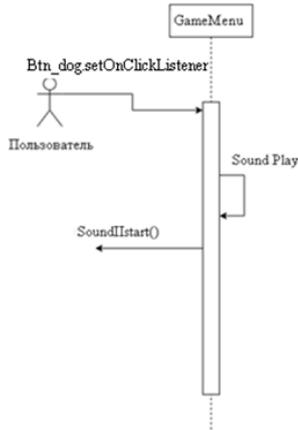


Рис. 4. Диаграмма последовательности создания аудио файла

1. Пользователь инициализирует

выбранный элемент приложения.

2. Создается экземпляр класса MediaPlayer, куда записывается звук, полученный от базы данных.

3. Вызывается метод SoundPlay, который инициализирует воспроизведение звука.

Построение модели данных. Первым этапом в проектировании является разработка сущностей. Выделено 3 сущности, которые необходимы для корректной работы приложения: животные, цифры и транспорт.

Таблица 12 Животные

№	Имя поля	Тип поля
1	ID	Число
2	Картинка	Строка
3	Аудиофайл	Строка

Таблица 13 Цифры

№	Имя поля	Тип поля
1	ID	Число
2	Картинка	Строка
3	Аудиофайл	Строка

Таблица 14 Транспорт

№	Имя поля	Тип поля
1	ID	Число
2	Картинка	Строка
3	Аудиофайл	Строка

На рисунке 5 представлена логическая модель базы данных.



Рис. 5. Логическая модель БД.

(ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

Описание классов программы. В работе классы разделены на 2 пакета: activity и db [5]. Рассмотрим классы пакета activity. Каждый отдельный экран или страница в приложении описывается таким понятием как activity. Если мы запустим приложение на устройстве, то на экране мы увидим

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

определенную activity, которая представляет данный интерфейс. MainActivity – класс, содержащий методы для работы с главным окном программы. В нем представлен один метод onCreate, который запускается после инициализации всех элементов программы и отвечает за обработку нажатия кнопок, в данном случае, перехода на следующую activity. Такие классы, как GameMenu, GameMenuNumber, GameMenuTransport представляют собой страницы, на которых пользователь инициализирует свои действия. Рассмотрим работу данных классов на примере GameMenu. GameMenu – класс, содержащий методы для работы с окном программы, на котором содержатся звуки животных. Класс содержит в себе методы: onCreate, которые отвечают за обработку ImageButton, а также получает данные из БД для картинок и звуков. События onClick входящие в состав onCreate, отправляют переменную типа MediaPlayer в метод startSound, который отвечает за вывод звука. Классы пакета db, отвечают за создание, обновление, открытие и закрытие базы данных. Объект MyDbClass хранит в себе переменные, хранящие структуру базы данных, а также запросы к БД. MyDbHelper – класс, отвечающий за создание базы данных, метод onCreate и обновление onUpgrade. Обновление и создание происходит посредством наследования от класса SQLiteOpenHelper, который хранит в себе методы для обработки запросов. Запросы данный класс получает от переменных, хранящихся в объекте MyDbClass. MyDbManager – класс, отвечающий за взаимодействие с базой данных по средствам вноса данных, методы: inserttoDBanimal, inserttoDBnumber, insert-toDBtransport, открытия БД, метод openDb, закрытия, метод

closeDb. Также есть методы передающие данные в insert для записи, это методы inserttoDBanimal, inserttoDBnumber, inserttoDBtransport.

Итоговый вид пользовательского интерфейса представлен на рисунках 6-9.



Рис. 6. Начальная страница

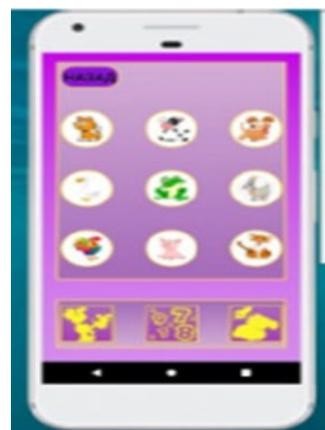


Рис. 7. Страница «Животные»



Рис. 8. Страница «Цифры»



Рис. 9. Страница «Транспорт»

В ходе достижения поставленной цели были освоены методы проектирования приложений на основе операционной системы Android, проанализированы подходы к созданию детских приложений и выбран наилучший из них, проанализированы аналоги, построена модель IDEF0, диаграмма классов, диаграмма последовательности, разработаны макеты пользовательского интерфейса, а также спроектирована база данных, разработан набор программных тестов, проверяющих работу графического интерфейса [6].

Информация об авторах

Кургаников Роман Анатольевич – студент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел. 7(473) 271-52-70, e-mail: kurgannikov.r@yandex.ru.

Волобуева Татьяна Витальевна – кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел. 7(473) 271-52-70; e-mail: tv190470@yandex.ru

Библиографический список

1. Хабр. Сообщество It-специалистов [Электронный ресурс] /habr.com/. Разработка детского мобильного приложения [1.12.2025].
2. Хабр. Сообщество It-специалистов [Электронный ресурс] /habr.com/. Подходы в разработке мобильных приложений [1.12.2025].
3. Миндалёв И. В. Моделирование бизнес-процессов с помощью IDEF0, DFD, BPMN за 7 дней: учебное пособие /И.В.Миндалёв. - Красноярск: КрасГАУ, 2016. – 123 с.
4. WordPress [Электронный ресурс] / <https://wordpress.com/ru/support/page-layouts/#:~:text=Макет страниц> [2.12.2025].
5. Prog-cpp [Электронный ресурс] / <https://prog-cpp.ru/uml-classes/> – Диаграммы классов UML [2.12.2025].
6. TheDistance – Помощь студентам на дистанционном образовании [Электронный ресурс] / <https://the-distance.ru/verifikaciya-i-testirovanie-programmnyx-sredstv/> – Верификация и тестирование [2.12.2025]

Information about the author

Roman A. Kurgannikov – student of the Department of Control Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph. 7(473) 271-52-70, e-mail: kurgannikov.r@yandex.ru

Tatyana V. Volobueva – candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor; associate Professor of the Department of Control Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph. 7(473) 271-52-70; e-mail: tv190470@yandex.ru.

УДК 373:004.9

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ДЕТЕЙ

А.Р. Шафигуллина¹, С.М. Куценко¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: рассматривается роль веб-технологий в разработке обучающих систем для детей. Определяются основные категории образовательных веб-приложений, анализируются их преимущества перед традиционными методами обучения. Обосновываются причины выбора веб-ориентированной архитектуры при создании детских образовательных продуктов.

Ключевые слова: веб-приложение, обучающие системы, образовательные приложения, цифровое образование, интерактивное обучение.

APPLICATION OF WEB TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SYSTEMS FOR CHILDREN

A.R. Shafigullina ¹, S.M. Kutsenko ¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article examines the role of web technologies in the development of educational systems for children. The main categories of educational web applications are identified, and their advantages over traditional teaching methods are analyzed. The reasons for choosing a web-oriented architecture in the creation of children's educational products are substantiated.

Keywords: web application, educational systems, educational applications, digital education, interactive learning.

В настоящее время вопросы применения информационных технологий в образовательном процессе занимают значительное место в современной педагогике. Традиционные методы обучения постепенно дополняются цифровыми инструментами, что особенно актуально при изучении иностранных языков. Использование информационно-коммуникационных технологий позволяет не отказываться от классической модели обучения, а расширять её за счёт интерактивных упражнений и цифровых сервисов.

Существующие образовательные платформы, такие как Duolingo, Lingualeo и Puzzle English, в большей степени ориентированы на подростков и взрослых пользователей. При этом они не всегда учитывают психофизиологические особенности детей дошкольного и младшего школьного возраста и не предоставляют гибкой адаптации образовательного маршрута под конкретного ребёнка [1].

У детей 5-9 лет преобладают наглядно-образное мышление, высокая эмоциональная вовлеченность, быстрая

утомляемость при однотипных заданиях. Современные инструменты веб-разработки позволяют разрабатывать образовательные сервисы с учетом индивидуальных потребностей, адаптированные для разных возрастов пользователей. Отмечается, что цифровая среда способствует наглядности и позволяет учащимся быстрее усваивать информацию, однако требует особых интерактивных решений для поддержания интереса обучающегося [2,3].

При проектировании обучающей системы для детей предусматривалась адаптация интерфейса и учебного контента под возраст пользователя. Для детей 5–6 лет основной акцент делается на изучении алфавита и базовой лексики с использованием крупных интерактивных элементов и аудиосопровождения. Для детей 7–9 лет добавляются более сложные задания, включая упражнения на письмо и понимание прочитанного текста. В процессе разработки было установлено, что дети младшего возраста проявляют больший интерес к заданиям с анимацией и звуковым сопровождением, чем к статичным упражнениям.

Анализ пользовательского опыта, как показывают исследования на примере крупных магазинов приложений [4], является критически важным для понимания причин, по которым пользователи принимают или отвергают программный продукт.

Разработанное веб-приложение включает различные типы упражнений, направленные на формирование всех компонентов языковой компетенции: аудирование, чтение, говорение и письмо. Реализован механизм отслеживания прогресса, позволяющий ребёнку видеть собственные достижения, а родителям – контролировать динамику обучения. Интерфейс администратора обеспечивает возможность пополнения и изменения учебного контента без привлечения разработчиков.

Техническая реализация веб-приложения основана на клиент-серверной архитектуре с использованием фреймворка Flask на языке Python. Выбор данного инструмента обусловлен его минималистичностью, гибкостью и достаточной функциональностью для создания образовательного веб-приложения. Серверная часть обеспечивает хранение данных пользователей, учебного контента и прогресса обучения, а также реализует логику навигации по уровням и упражнениям.

Для реализации упражнений на развитие навыков произношения без дополнительных серверных сборок и внешних платных сервисов были рассмотрены возможности Web Speech API. Данный инструмент дает возможность распознавать речь пользователя и оценивать правильность произношения. Технология синтеза речи используется для автоматической генерации аудиоматериалов, что обеспечивает единомыслие произношения лексических единиц. Альтернатива веб-приложениям

подробно рассматривается в литературе, посвященной мобильным технологиям в обучении языкам [5].

Алгоритм прохождения уровня реализован следующим образом. Пользователь выбирает доступный уровень из списка. Веб-приложение определяет тип уровня и загружает соответствующую последовательность упражнений. При выполнении каждого упражнения фиксируются правильные ответы, а изученные слова добавляются в персональный словарь пользователя. После завершения всех упражнений уровень отмечается как пройденный, пользователь получает визуальное подтверждение успеха и может перейти к следующему уровню. Статистика прогресса отображается в личном кабинете и включает количество изученных слов, завершённых уровней и общий процент выполнения.

Отдельный модуль веб-приложения ориентирован на родителей и позволяет выбирать возрастную группу ребёнка и просматривать статистику его обучения. Это даёт возможность контролировать нагрузку и корректировать образовательный процесс при необходимости.

Административный интерфейс обеспечивает управление учебным контентом без привлечения разработчиков. Через соответствующие формы можно добавлять возрастные группы, создавать уровни, определять их последовательность и наполнять заданиями. Генерация аудиофайлов реализована с использованием библиотеки gTTS. При добавлении нового слова администратор может загрузить готовый аудиофайл либо воспользоваться автоматической генерацией.

Архитектура веб-приложения (рис. 1) включает клиентскую часть (браузер пользователя), серверное приложение на Flask и

базу данных SQLite. Для работы с речью используются браузерные API, а генерация аудио осуществляется на серверной стороне.

Исследования эффективности применения цифровых образовательных ресурсов показывают, что использование

информационных технологий в обучении способствует более прочному усвоению материала благодаря задействованию различных каналов восприятия и возможности многократного повторения упражнений в комфортном для ребенка темпе [4].

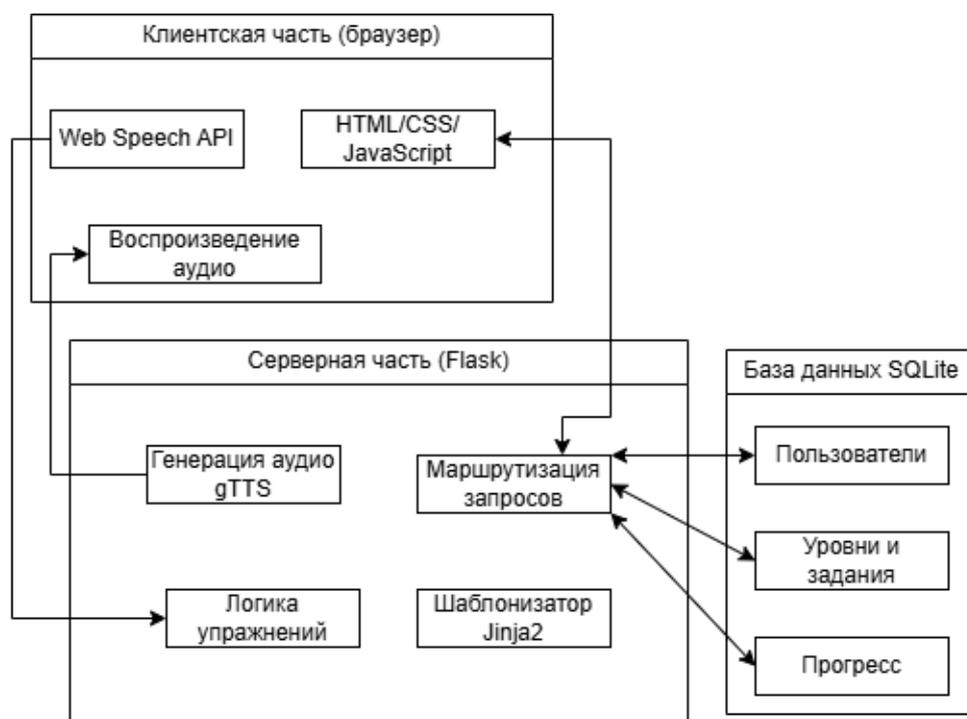


Рис. 1. Архитектура веб-приложения

Таким образом, применение веб-технологий при создании обучающих систем для детской аудитории обеспечивает соответствие программных продуктов возрастным особенностям пользователей и повышает эффективность образовательного процесса. Учет психофизиологических характеристик детей при проектировании интерфейсов, использование современных браузерных API для реализации интерактивных функций и применение гибких серверных фреймворков позволяют создавать качественные образовательные продукты. Предложенное решение демонстрирует, что использование интерактивного

обучения является творческим процессом, направленным на создание комфортных условий, в которых обучающийся чувствует свою интеллектуальную состоятельность, что делает обучение более продуктивным [6]. Дальнейшее развитие проекта может быть связано с расширением типов упражнений, внедрением элементов геймификации и совершенствованием алгоритмов персонализации образовательного маршрута.

Библиографический список

1. Саенко, О. С. Мультимедийное программное средство обучения "Рендольф

учит английский язык" для детей младшего школьного возраста / О. С. Саенко // Гуманитарное знание: Сборник научных статей / под общ. ред. В.Г. Егоркина. – Санкт-Петербург: Центр научно-информационных технологий "Астерион", 2006. – С. 80-83.

2. Хамитов, Р. М. Цифровизация образования и ее аспекты / Р. М. Хамитов // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 3. С. 8.

3. Куценко, С. М. Использование мобильного приложения для подготовки к экзаменам в школе / С. М. Куценко, Е. А. Салтанаева // Казанская наука. – 2024. – № 10. – С. 101-103.

4. Fu B., Lin J., Li L., Faloutsos C., Hong J., Sadeh N. Why People Hate Your App – Making Sense of User Feedback in a Mobile App Store // Proceedings of the International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2013. – P. 1–9.

5. Godwin-Jones R. Mobile Apps for Language Learning // Language Learning & Technology. — 2011. – Vol. 15, № 2. – P. 2–11.

6. Азметова, Р. Ф. Интерактивное обучение как творческий процесс / Р. Ф. Азметова, З. Н. Изимариева // Российский электронный научный журнал. – 2013. – № 3(3). – С. 55-59.

Информация об авторах

Шафигуллина Алина Робертовна – студент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: alina_sh03@mail.ru

Куценко Светлана Мунавировна – доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

Information about the author

Veronika A. Pashkeeva – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: alina_sh03@mail.ru

Svetlana M. Kutsenko – associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Power Engineering University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51), e-mail: s.koutsenko@mail.ru

УДК 004

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

А.А. Соловьева¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Статья посвящена разработке мобильного приложения, обеспечивающего удобный и быстрый доступ к демографическим показателям Республики Татарстан

Ключевые слова: мобильное приложение, анализ данных, демография, визуализация данных, Республика Татарстан

DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR VISUALIZATION AND ANALYSIS OF DEMOGRAPHIC INDICATORS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

A.A. Soloveva¹, E.A. Saltanaeva¹

¹ Kazan State Power Engineering University

Abstract: The article is devoted to the development of a mobile application that provides convenient and quick access to demographic indicators of the Republic of Tatarstan

Keywords: mobile application, data analysis, demography, data visualization, Republic of Tatarstan

Демография играет ключевую роль в развитии региона. Динамика народонаселения напрямую влияет на уровень потребления, необходимость модернизации инфраструктуры и способность территории к устойчивому развитию [1, 2].

Республика Татарстан входит в число демографически стабильных субъектов Российской Федерации, занимая восьмое место по численности населения. Характерной особенностью региона является высокий уровень урбанизации, достигающий 76%, а также многонациональный состав, где преобладают татары (53%) и русские (39%) [3]. В последние годы в республике фиксируется тенденция снижения рождаемости при сохранении высокого уровня смертности. Вместе с тем Татарстан стабильно входит в число лидеров по качеству жизни, что делает его привлекательным для мигрантов и позволяет частично компенсировать естественную убыль населения за счет миграционного прироста.

Традиционные способы представления статистической информации (таблицы, отчеты) обладают рядом недостатков [4]. Они требуют времени для изучения, сложны для восприятия и не позволяют оперативно получать ответы на конкретные вопросы. Например, чтобы сравнить демографическую ситуацию в двух районах за последние пять лет, пользователю придется вручную искать данные по каждому году и каждому показателю.

Альтернативой выступают информационные системы, однако большинство из них не адаптированы для мобильных устройств. Между тем, именно мобильные

телефоны стали основным каналом получения информации для значительной части населения [5]. По данным исследований, среднестатистический пользователь проводит со смартфоном более 3 часов в день, и этот показатель продолжает расти. В связи с этим создание мобильного приложения, которое позволило бы любому заинтересованному лицу получать демографическую информацию в удобной и наглядной форме, является актуальным.

Приложение задумано как инструмент, который устраняет разрыв между сложной статистической информацией и её практическим применением [6]. Вместо традиционных таблиц и отчетов, требующих глубокой экспертизы, пользователь получает интерактивную платформу, где данные о численности населения, рождаемости, смертности и миграции представлены в формате, адаптированном под мобильные устройства. Например, при выборе конкретного района, на экране отображается не только текущая численность населения, но и динамика её изменения за последние 5 лет. Это особенно важно для аналитиков, которые могут оперативно выявлять аномалии: резкий отток молодёжи из сельских районов или всплеск рождаемости в определённых муниципалитетах.

Ключевая особенность приложения – способность к сравнительному анализу. Пользователь может выбрать до пяти районов и визуально сопоставить их демографические данные, например, рождаемость или миграционный прирост, на едином графике. Такой функционал позволяет увидеть, что в одном муниципалитете

наблюдается устойчивый естественный прирост, тогда как в соседнем преобладает отрицательный естественный прирост. Это становится ценным инструментом для чиновников, которые анализируют эффективность региональных программ, или для студентов, изучающих особенности демографической политики. Сравнение строится на ручном выборе параметров: пользователь сам определяет, какие районы и показатели ему необходимо сопоставить.

Особое внимание уделено картографической визуализации. В отличие от традиционных карт с текстовыми метками, в приложении реализована система цветового кодирования, где оттенки отражают уровень выбранного демографического показателя. Например, при активации параметра «смертность» районы с высокими значениями выделяются насыщенным красным цветом, а с низкими – светло-желтым. Такой подход позволяет мгновенно оценить географию проблем: увидеть, что северные территории республики демонстрируют более выраженные негативные тенденции, чем южные. Для углубленного анализа предусмотрен инструмент «слои», который дает возможность комбинировать данные – наложить на карту информацию о возрастной структуре населения поверх показателей миграции. Это помогает выявлять скрытые взаимосвязи, такие как корреляция между оттоком молодежи и снижением рождаемости в отдельных муниципалитетах, что остается незамеченным при работе с табличными данными.

Технологическая основа приложения строится вокруг экосистемы React Native и Expo CLI, что обеспечивает баланс между скоростью разработки и функциональной гибкостью. Выбор именно этой платформы обусловлен её способностью работать с

ресурсоёмкими задачами, с одновременной обработкой сотен тысяч точек данных для карты и динамическим обновлением графиков [7]. TypeScript, используемый как основной язык, минимизирует риски ошибок при работе с большими массивами информации: его статическая типизация позволяет ещё на этапе написания кода проверить, что данные о рождаемости не перепутаны с миграционными показателями, а координаты районов соответствуют их реальному геоположению [8].

Одной из ключевых задач разработки стала организация системы хранения данных, обеспечивающей автономность и стабильность работы приложения. Вместо централизованных решений выбрано локальное хранение информации в структурированном формате, что устраняет зависимость от интернет-соединения и делает сервис доступным даже в условиях ограниченной сетевой инфраструктуры. Для повышения эффективности данные оптимизированы за счёт компактного представления временных рядов и геометрических объектов: вместо избыточных вложенных структур использованы сжатые массивы и упрощённые алгоритмы кодирования. Это позволило снизить объём хранимой информации без потери точности, сохранив детализацию показателей и корректность отображения географических границ. Картографический модуль, несмотря на необходимость работы с объёмными геоданными, адаптирован для корректного функционирования на устройствах с разными техническими возможностями, обеспечивая баланс между визуальной точностью и производительностью. Такой подход гарантирует универсальность приложения – оно одинаково эффективно работает как в условиях стабильного интернета, так и в удалённых

территориях, где связь минимальна или отсутствует.

Пользовательский интерфейс приложения проектировался с учётом специфики целевой аудитории. Для чиновников, часто работающих в условиях ограниченного времени, созданы «быстрые дашборды» – на главном экране отображаются три ключевых показателя: текущая численность населения, естественный прирост и миграционный баланс. Для исследователей и студентов предусмотрен режим «глубокого погружения», где к каждому графику прикреплены источники данных и методология расчёта, чтобы результаты анализа можно было использовать в научных работах. Даже цветовая схема интерфейса продумана до деталей: синие оттенки для графиков рождаемости (ассоциируются с надеждой), красные – для смертности (сигнализируют о проблеме), что упрощает восприятие информации на интуитивном уровне.

Особое значение придаётся функции прогнозирования, которая, хотя и находится на стадии разработки, уже демонстрирует потенциал. На основе исторических данных приложение формирует сценарии развития: если текущая тенденция снижения рождаемости сохранится, через 5 лет в N-районе возникнет дефицит трудовых ресурсов. Такие прогнозы строятся с использованием алгоритмов временных рядов, адаптированных под региональную специфику – например, учитывающих сезонные колебания миграции, связанные с сельскохозяйственными работами [9].

В перспективе приложение выйдет за рамки демографического анализа. Планируется интеграция с данными о занятости, образовании и здравоохранении, чтобы показать, как демографические тренды влияют на другие сферы. Например, падение

рождаемости в 2020-х годах уже сейчас коррелирует с сокращением числа детских садов в отдельных районах, и приложение сможет визуализировать эту связь.

Реализация такого инструмента – это не просто техническая задача, а попытка изменить подход к региональному управлению. Когда демографические данные перестают быть «бумажной волокитой» и превращаются в интерактивную карту на смартфоне чиновника, решения принимаются быстрее, прогнозы становятся точнее, а сам процесс управления – прозрачнее. Для Республики Татарстан, где динамика населения напрямую связана с экономическими успехами региона, такой инструмент может стать тем самым «мостом» между статистикой и практикой, который позволит не просто констатировать проблемы, но и оперативно на них реагировать.

Библиографический список

1. Берендеева А. Б., Рычихина Н. С. Основы демографии: учеб. пособие / А. Б. Берендеева, Н. С. Рычихина ; науч. ред. А. Б. Берендеева. – Иваново, 2025. – 288 с.
2. Елисеева И. И. [и др.] Демография и статистика населения: учебник для вузов / под ред. И. И. Елисеевой, М. А. Клупта. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2025. – 405 с.
3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://16.rosstat.gov.ru>. – Дата обращения: 15.02.2026.
4. Бикеева, Н. Г. Современные подходы к проектированию информационных систем / Н. Г. Бикеева, Е. А. Салтанаева // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 8(181). – С. 905-908. – DOI

10.34925/EIP.2025.181.8.169.

5. Алемасов, Е. П. Применение алгоритмов разработки программных приложений для мобильных устройств / Е. П. Алемасов, Р. С. Зарипова // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: национальная (с международным участием) научно-практическая конференция, Казань, 19–20 мая 2022 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 101-103.

6. Куценко, С. М. Обзор мобильных платформ / С. М. Куценко, А. А. Шакиров // Modern Science. – 2021. – № 3-2. – С. 513-517.

7. Netguru [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: <https://www.netguru.com/glossary/react-native>. – Netguru Glossary: What Is React Native? Complex Guide for 2024. – Дата обращения: 17.02.2026.

8. TypeScript [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.typescriptlang.org/docs/>. – TypeScript Handbook: The TypeScript Handbook. – Дата обращения: 15.02.2026.

9. Замалиева, А. М. Разработка программного обеспечения для формирования экологической культуры населения / А. М. Замалиева, Р. С. Зарипова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 4. – С. 188-191.

Информация об авторах

Соловьева Аделя Альбертовна – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: adelyasoloveva@icloud.com

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru

Information about the author

Adelya A. Soloveva – student, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: adelyasoloveva@icloud.com

Elena A. Saltanaeva – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of information technologies and intelligent systems, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: elena_maister@mail.ru

УДК 332.6

РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ СТОИМОСТИ НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Д.М. Рафикова¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В статье рассматривается разработка интеллектуальной информационной платформы для автоматизированной оценки стоимости объектов недвижимости. Предложена модульная архитектура системы, включающая подсистемы сбора и хранения данных, интеллектуального анализа, геопространственной обработки и визуализации результатов. Описаны применяемые методы машинного обучения, используемые программные средства и базы данных, а также подходы к оптимизации бизнес-процессов оценочной деятельности. Результаты экспериментальной апробации подтверждают перспективность применения интеллектуальных методов для повышения точности, прозрачности и эффективности оценки недвижимости.

Ключевые слова: оценка недвижимости, интеллектуальный анализ данных, машинное обучение, информационные системы, AVM, геопространственные данные.

DEVELOPING A PLATFORM FOR ESTIMATED REAL ESTATE VALUE USING DATA MINING

D.M. Rafikova ¹, E.A. Saltanaeva ¹

¹ *Kazan state Power Engineering University*

Abstract: This article discusses the development of an intelligent information platform for automated real estate valuation. A modular system architecture is proposed, including subsystems for data collection and storage, intelligent analysis, geospatial processing, and results visualization. The applied machine learning methods, software tools, and databases are described, as well as approaches to optimizing appraisal business processes. The results of the pilot test confirm the potential of using intelligent methods to improve the accuracy, transparency, and efficiency of real estate valuations.

Keywords: real estate valuation, data mining, machine learning, information systems, AVM, geospatial data.

Оценка стоимости недвижимости является важным элементом функционирования рынка недвижимости и финансового сектора, включая ипотечное кредитование, инвестиционный анализ и налогообложение. В традиционной оценке недвижимости стоимость объекта определяется экспертом на основе анализа аналогов и расчетных показателей с учетом его профессионального опыта [1]. Это делает оценку субъективной и трудновоспроизводимой, а также приводит к существенным временным затратам. Современное развитие цифровых технологий и методов интеллектуального анализа данных позволяет создавать автоматизированные системы массовой оценки недвижимости (Automated Valuation Models, AVM), способные учитывать большое количество факторов и адаптироваться к динамике рынка.

Целью данного исследования является разработка архитектуры и прототипа интеллектуальной платформы для оценки стоимости недвижимости, интегрирующей методы машинного обучения, геопро пространственного анализа и аналитические инструменты поддержки принятия решений.

Для построения интеллектуальной платформы оценки стоимости недвижимости была разработана комплексная архитектура, которая включает этапы сбора, хранения, обработки и анализа данных, а также

модуль визуализации и пользовательский интерфейс. Основной задачей системы является автоматизированное формирование прогнозной стоимости объекта недвижимости на основе большого массива структурированных и неструктурированных данных, а также снижение субъективности экспертных оценок.

В качестве источников данных используются объявления о продаже и аренде недвижимости, кадастровые сведения, геопро пространственные данные о транспортной и социальной инфраструктуре, а также рыночные показатели и пользовательские параметры объектов. Для повышения качества данных выполнен ряд процедур предобработки: очистка от выбросов и дубликатов, обработка пропусков и нормализация признаков [2]. Адресная информация преобразована в географические координаты (геокодирование), что позволяет учитывать пространственные характеристики объектов при последующем моделировании. Хранение данных организовано с использованием реляционной системы управления базами данных PostgreSQL с расширением PostGIS, обеспечивающим поддержку пространственных операций и запросов. База данных содержит сущности, отражающие ключевые элементы предметной области: объекты недвижимости, пользователей, заявки, аналоги, результаты

прогнозирования и журналы событий. Для задач машинного обучения создана витрина данных с агрегированными и денормализованными признаками, что позволяет ускорить вычисления и гарантировать воспроизводимость результатов

Интеллектуальный модуль оценки стоимости реализован на основе методов машинного обучения и интеллектуального анализа данных. В рамках платформы проводится сравнительный анализ моделей регрессии различных классов: линейных и полиномиальных регрессий, ансамблевых методов (случайный лес, градиентный бустинг) [3]. Формирование признакового пространства осуществляется с учетом физических характеристик объектов (площадь, этажность, год постройки), пространственных факторов (расстояние до центра города, транспортных узлов и объектов инфраструктуры), временных параметров (сезонность, динамика рынка) и макроэкономических индикаторов. Для оценки качества моделей используются процедуры кросс-валидации и стандартные метрики точности прогнозирования (MAE, RMSE, MAPE, коэффициент детерминации R^2), что обеспечивает количественную оценку эффективности интеллектуального модуля.

Внедрение разработанной платформы позволяет оптимизировать бизнес-процессы оценочной деятельности за счет автоматизации ключевых этапов. Пользователь вводит параметры объекта недвижимости (тип объекта, площадь, этаж, год постройки, адрес) через веб-интерфейс, после чего система выполняет геокодирование адреса, подбирает аналогичные объекты из базы данных и формирует прогнозную стоимость с использованием интеллектуального модуля анализа данных. Результаты оценки представляются в виде

аналитического отчёта, включающего рассчитанную стоимость, список аналогов и пояснение влияния ключевых факторов. Такой подход снижает трудоемкость оценки, повышает скорость обработки заявок и уменьшает влияние человеческого фактора. Кроме того, платформа обеспечивает прозрачность расчетов за счет возможности анализа факторов, влияющих на стоимость объекта.

Программная реализация платформы основана на клиент-серверной архитектуре. Серверная часть реализована на языке Python с использованием фреймворка FastAPI и обеспечивает взаимодействие с реляционной базой данных PostgreSQL с расширением PostGIS [4]. База данных содержит сущности объектов недвижимости, пользователей, заявок на оценку и результатов прогнозирования. Интеллектуальный модуль реализован с использованием библиотеки Scikit-learn и включает модели регрессии для прогнозирования стоимости. Пользовательский интерфейс реализован в виде веб-приложения с использованием HTML, CSS и JavaScript и обеспечивает ввод параметров объекта, отображение результатов оценки и визуализацию пространственных данных на карте с использованием библиотеки Leaflet. Аналитический модуль платформы обеспечивает визуализацию динамики цен и распределения стоимости объектов недвижимости по территории, а также формирование отчетов в формате PDF.

Аналитический модуль платформы обеспечивает визуализацию результатов оценки и аналитических показателей в виде интерактивных дашбордов. Реализуются тепловые карты стоимости недвижимости, графики динамики цен по районам и временным периодам, а также визуализация

важности признаков с использованием методов интерпретации моделей, таких как SHAP [5]. Для построения аналитических панелей используются библиотеки Matplotlib, Seaborn и Plotly, а также фреймворки Streamlit или Dash. Генерация отчетов осуществляется автоматически в формате PDF и включает описание объекта, рассчитанную стоимость, список аналогов и пояснения результатов модели.

Для проверки эффективности разработанной платформы были проведены экспериментальные исследования на исторических данных рынка недвижимости. В качестве тестового набора использовались данные объявлений о продаже жилой недвижимости, включающие параметры объектов, их географическое положение и фактические цены сделок. На этапе обучения моделей применялись методы кросс-валидации с разбиением выборки на обучающую и тестовую подвыборки. В качестве базовой модели была использована линейная регрессия, а также ансамблевые методы и нейронные сети для повышения точности прогнозирования [6].

Оценка качества моделей проводилась с использованием стандартных метрик ошибок прогнозирования, включая среднюю абсолютную ошибку (MAE), среднеквадратичную ошибку (RMSE) и среднюю абсолютную процентную ошибку (MAPE). Результаты экспериментов показали, что ансамблевые методы машинного обучения, такие как градиентный бустинг и случайный лес, обеспечивают наилучшие показатели точности по сравнению с линейными моделями.

Дополнительно была проведена количественная оценка точности прогнозирования разработанной платформы на тестовой выборке, включающей N объектов

недвижимости. В ходе эксперимента были получены следующие значения метрик качества моделей: для линейной регрессии MAE составила 12,4%, RMSE — 18,7%, коэффициент детерминации R^2 — 0,62; для модели случайного леса MAE — 7,1%, RMSE — 11,3%, R^2 — 0,81; для модели градиентного бустинга MAE — 6,4%, RMSE — 10,2%, R^2 — 0,84. Полученные результаты свидетельствуют о значительном повышении точности оценки при использовании ансамблевых методов по сравнению с базовыми регрессионными моделями. Для оценки устойчивости моделей была проведена k -кратная кросс-валидация ($k = 5$), показавшая стабильность показателей точности и отсутствие переобучения. Средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) для лучшей модели составила 5,9%, что соответствует требованиям к системам массовой оценки недвижимости (AVM) и подтверждает практическую применимость разработанного решения. Также была проведена сравнительная оценка времени выполнения процедуры оценки. Традиционная экспертная оценка одного объекта недвижимости занимает в среднем 2–5 рабочих дней, в то время как разработанная интеллектуальная платформа обеспечивает формирование прогнозной стоимости в автоматическом режиме в течение 3–10 секунд. Таким образом, достигается сокращение временных затрат более чем на 99%, что существенно повышает эффективность оценочной деятельности и пропускную способность оценочных организаций.

Экономический эффект от внедрения платформы может быть оценен через снижение трудозатрат оценщиков. При средней трудоемкости экспертной оценки 8 человеко-часов и стоимости одного человеко-часа 1500 рублей автоматизация позволяет

сократить затраты на одну оценку в среднем на 12 000 рублей. При объеме 1000 оценок в год потенциальная экономия может достигать 12 млн рублей, что подтверждает экономическую целесообразность внедрения разработанного решения. Дополнительно был проведен анализ значимости признаков, показавший, что наибольшее влияние на стоимость недвижимости оказывают географическое расположение, площадь объекта, уровень развития инфраструктуры района, год постройки здания и макроэкономические факторы. Это подтверждает целесообразность интеграции геопространственных данных и рыночных индикаторов в интеллектуальные модели оценки.

Полученные результаты демонстрируют эффективность использования интеллектуального анализа данных для автоматизированной оценки стоимости недвижимости. Важным преимуществом предложенного решения является модульная архитектура, которая обеспечивает масштабируемость системы и возможность интеграции дополнительных источников данных и алгоритмов анализа. Следует отметить, что точность прогнозирования во многом зависит от качества исходных данных и полноты признакового пространства. Поэтому перспективным направлением дальнейших исследований является расширение источников данных, внедрение механизмов автоматического мониторинга качества данных и адаптивного переобучения моделей.

Таким образом, разработанная интеллектуальная платформа представляет собой комплексное программное решение, интегрирующее методы машинного обучения, геопространственный анализ и современные средства визуализации данных, что позволяет повысить эффективность и

точность оценки стоимости недвижимости и обеспечить поддержку принятия управленческих решений в сфере недвижимости и финансов.

Библиографический список

1. Мельникова, О. В. Сравнительный анализ подходов к оценке стоимости недвижимости / О. В. Мельникова, К. А. Мальцева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2022. – № 1. – С. 80–89.
2. Салтанаева, Е. А. Оптимизация информационных процессов в области маркетинговых исследований с применением технологий искусственного интеллекта / Е. А. Салтанаева, С. В. Васильева, Р. И. Эшелиоглу // Экономика. Информатика. – 2024. – Т. 51, № 2. – С. 413-424.
3. Новиков, В. Д. Прогнозирование потребительской активности с использованием методов машинного обучения / В. Д. Новиков, Р. М. Хамитов // International Journal of Advanced Studies. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 205-214.
4. Баланов, А. Н. Создание цифровых экосистем: учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 480 с.
5. Натальсон, А. В. Применение искусственного интеллекта для анализа рисков на рынке ценных бумаг / А. В. Натальсон // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 6, № 3(144). – С. 145-150.
6. Ахунов, Р. А. Искусственный интеллект как инструмент оптимизации бизнес-процессов / Р. А. Ахунов, Р. С. Зарипова // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Материалы международной научно-технической конференции, Казань, 03 апреля 2025 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 23-26.

Информация об авторах

Рафикова Дилара Маратовна – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: dilyara_rafikova00@mail.ru

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальные системы, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru

Information about the author

Dilyara M. Rafikova – student, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: dilyara_rafikova00@mail.ru

Elena A. Saltanaeva – candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technology and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: elena_maister@mail.ru

УДК 004.9

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПОДДЕРЖКИ МАРКЕТИНГОВЫХ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ**

А.П. Башкирова ¹, Р.М. Хамитов ¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассматривается разработка информационной системы поддержки маркетинговых решений интернет-магазина одежды на основе анализа потребительского поведения. Предложена модульная архитектура системы, включающая подсистемы сбора и хранения данных, аналитической обработки и визуализации результатов. Описаны применяемые методы анализа данных и программные средства. Результаты экспериментальной апробации подтверждают эффективность предложенного решения для повышения качества и оперативности маркетинговых решений.

Ключевые слова: маркетинговая информационная система, интернет-магазин одежды, анализ потребительского поведения, RFM-анализ, прогнозирование спроса, Python, PostgreSQL.

**DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF AN INFORMATION SYSTEM TO
SUPPORT MARKETING DECISIONS FOR AN ONLINE CLOTHING STORE
BASED ON CONSUMER BEHAVIOR ANALYSIS**

A.P. Bashkirova ¹, R.M. Khamitov ¹

¹ *Kazan state Power Engineering University*

Abstract: This article examines the development of an information system for supporting marketing decisions for an online clothing store based on consumer behavior analysis. A modular system architecture is proposed, including subsystems for data collection and storage, analytical processing, and results visualization. The data analysis methods and software tools used are described. The results of pilot testing confirm the effectiveness of the proposed solution for improving the quality and efficiency of marketing decisions.

Keywords: Marketing information system, online clothing store, consumer behavior analysis, RFM analysis, demand forecasting, Python, PostgreSQL.

Развитие электронной коммерции и рост популярности онлайн-покупок одежды приводят к необходимости внедрения интеллектуальных инструментов анализа данных для поддержки маркетинговых

решений. По данным аналитических исследований, сегмент одежды и обуви занимает значительную долю в структуре онлайн-ритейла, а уровень конкуренции в данном сегменте постоянно увеличивается. В этих

условиях ключевым фактором конкурентоспособности интернет-магазина становится способность эффективно анализировать поведение покупателей, персонализировать маркетинговые предложения и прогнозировать спрос на товары.

Традиционные подходы к маркетинговому анализу, основанные на ручной обработке отчетов о продажах и экспертных оценках маркетологов, характеризуются высокой трудоемкостью, субъективностью и низкой оперативностью [1]. Такие методы не позволяют в режиме реального времени выявлять изменения потребительского поведения и оперативно адаптировать маркетинговые стратегии. Современные маркетинговые информационные системы ориентированы на автоматизацию процессов сбора, хранения и анализа данных, что обеспечивает поддержку принятия обоснованных управленческих решений на основе данных.

Целью данного исследования является разработка архитектуры и прототипа информационной системы поддержки маркетинговых решений интернет-магазина одежды, интегрирующей методы анализа потребительского поведения и предоставляющей результаты анализа в виде интерактивных аналитических панелей [2]. Основной задачей системы является автоматизированное формирование аналитической информации о клиентах, товарах и продажах с целью повышения эффективности маркетинговых мероприятий и оптимизации бизнес-процессов интернет-магазина.

Для построения системы была разработана модульная архитектура, включающая подсистему сбора и хранения данных, аналитический модуль и модуль визуализации результатов. В качестве источников

данных на этапе прототипирования использовались синтезированные данные, имитирующие работу интернет-магазина одежды, включая информацию о клиентах, товарах, транзакциях, действиях пользователей на сайте и отзывах. Предобработка данных включала очистку от дубликатов, обработку пропущенных значений, нормализацию числовых признаков и приведение временных данных к единому формату. Для хранения данных была спроектирована реляционная база данных на основе СУБД PostgreSQL [3], обеспечивающая хранение структурированных данных и поддержку аналитических запросов. Дополнительно была сформирована витрина данных с агрегированными показателями по клиентам, товарам и временным периодам, что позволяет ускорить выполнение аналитических операций и обеспечить воспроизводимость результатов.

Аналитический модуль системы реализован на языке Python с использованием библиотек pandas, scikit-learn, mlxtend и statsmodels. В рамках системы реализованы методы RFM-сегментации клиентов и ассоциативного анализа товарных корзин, а также базовый модуль прогнозирования спроса. RFM-анализ используется для сегментации клиентской базы на основе давности последней покупки, частоты покупок и денежной ценности клиента. На основе вычисленных показателей каждому клиенту присваиваются рейтинговые баллы, позволяющие классифицировать клиентов по сегментам и формировать целевые маркетинговые стратегии [4]. Ассоциативный анализ реализован с использованием алгоритма Apriori, позволяющего выявлять устойчивые закономерности совместных покупок товаров и формировать правила ассоциации с расчетом метрик поддержки,

достоверности и лифта. Полученные правила используются для формирования рекомендаций и оптимизации товарных предложений. Для прогнозирования спроса реализована модель временных рядов SARIMA, учитывающая трендовые и сезонные компоненты продаж, характерные для рынка одежды.

Программная реализация системы основана на клиент-серверной архитектуре. Серверная часть реализована на языке Python с использованием фреймворка FastAPI и обеспечивает взаимодействие с базой данных и аналитическими модулями [5]. Пользовательский интерфейс реализован в виде веб-приложения с использованием фреймворка Streamlit, обеспечивающего визуализацию аналитических показателей в виде интерактивных дашбордов. В системе реализованы панели мониторинга ключевых показателей эффективности, результаты сегментации клиентов, товарный анализ и прогнозирование спроса. Для визуализации данных используются библиотеки Matplotlib, Seaborn и Plotly.

Для оценки эффективности разработанной системы были проведены экспериментальные исследования на синтезированном наборе данных, имитирующем деятельность интернет-магазина одежды в течение одного года. Результаты RFM-сегментации показали, что небольшая доля клиентов генерирует основную часть выручки, что соответствует принципу Парето и подтверждает корректность реализации алгоритма сегментации. Ассоциативный анализ выявил устойчивые связи между категориями товаров, характерные для fashion-ритейла, что подтверждает возможность использования алгоритма Apriori для формирования рекомендаций и повышения среднего чека. Модуль прогнозирования

продемонстрировал приемлемые значения метрик точности прогнозирования, что подтверждает применимость временных моделей для задач планирования спроса в интернет-магазине [6]. Дополнительно была проведена оценка производительности системы, показавшая, что основные аналитические операции выполняются в автоматическом режиме в течение нескольких секунд или минут, что существенно сокращает трудозатраты маркетологов по сравнению с традиционными методами анализа. Сравнение с ручной обработкой данных в электронных таблицах показало значительное сокращение времени подготовки аналитических отчетов и повышение оперативности принятия маркетинговых решений.

Полученные результаты демонстрируют эффективность применения методов анализа потребительского поведения для поддержки маркетинговых решений в интернет-магазине одежды. Предложенная модульная архитектура обеспечивает масштабируемость системы и возможность интеграции дополнительных источников данных и аналитических алгоритмов. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются интеграция системы с реальными источниками данных, внедрение более сложных моделей прогнозирования на основе машинного обучения и нейронных сетей, а также разработка модулей автоматической персонализации маркетинговых предложений.

Таким образом, разработанная информационная система представляет собой комплексное программное решение, интегрирующее методы анализа данных, прогнозирования и визуализации, что позволяет повысить эффективность маркетинговой деятельности интернет-магазина одежды и обеспечить поддержку принятия

управленческих решений на основе данных о потребительском поведении.

Библиографический список

1. Новиков, В. Д. Прогнозирование потребительской активности с использованием методов машинного обучения / В. Д. Новиков, Р. М. Хамитов // *International Journal of Advanced Studies*. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 205-214.

2. Салтанаева, Е. А. Оптимизация информационных процессов в области маркетинговых исследований с применением технологий искусственного интеллекта / Е. А. Салтанаева, С. В. Васильева, Р. И. Эшелиоглу // *Экономика. Информатика*. – 2024. – Т. 51, № 2. – С. 413-424.

3. Малков О. Б., Маркова М. П., Девятрикова М. В. Работа с СУБД PostgreSQL:

учебное текстовое электронное издание локального распространения. — Омск: Омский государственный технический университет, 2023. — 175 с

4. Торгунакова Е. В., Шакуров А. А. Интегрированные маркетинговые коммуникации: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Институт электронного обучения Санкт-Петербургского университета технологий управления и экономики, 2024. — 132 с.

5. Натальсон, А. В. Применение искусственного интеллекта для анализа рисков на рынке ценных бумаг / А. В. Натальсон // *Экономика и управление: проблемы, решения*. – 2024. – Т. 6, № 3(144). – С. 145-150.

6. Прогнозно-аналитические системы: учебное пособие — Москва: МИРЭА — Российский технологический университет, 2023. — 79 с.

Информация об авторах

Башкирова Анна Павловна – студентка, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: annabasch@gmail.com

Хамитов Ренат Минзашарифович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем информатики и управления, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: hamitov@gmail.com

Information about the author

Bashkirova A. Pavlovna – student, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: annabasch@gmail.com

Khamitov R. Minzasharifovich – candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science and Control Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia), e-mail: hamitov@gmail.com

УДК 004.65

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ ПАТТЕРНОВ ПОВЕДЕНИЯ ПАССАЖИРОВ И СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТРАНЗАКЦИОННЫХ ДАННЫХ АВИАКОМПАНИИ

И.Р. Асадуллин¹, Е.А. Салтанаева¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: Представлена разработка алгоритмического ядра системы автоматизации формирования персональных маркетинговых предложений для авиакомпаний. Решение основано на анализе исторических данных пассажиров с помощью комплексных SQL-запросов к PostgreSQL. Метод включает построение профилей клиентов, выявление паттернов поведения и rule-based генерацию предложений. Приведено использование метода на основе демонстрационных данных в разработанном интерфейсе веб-приложения.

Ключевые слова: базы данных, SQL, алгоритмы анализа данных, бизнес-аналитика, персонализация, авиаперевозки, информационная система.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM AND A PROTOTYPE SYSTEM FOR GENERATING PERSONALIZED OFFERS BASED ON THE ANALYSIS OF AIRLINE TRANSACTION DATA

I.R. Asadullin ¹, E.A. Saltanaeva ¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The development of an algorithmic core for a system automating the generation of personalized marketing offers for airlines is presented. The solution is based on the analysis of passenger historical data using complex SQL queries to PostgreSQL. The method includes building client profiles, identifying behavioral patterns, and rule-based offer generation. Testing on demonstration data confirmed the effectiveness of the approach. The practical application of the method is demonstrated using sample datasets integrated into a custom-developed web application interface.

Keywords: databases, SQL, data analysis algorithms, business analytics, personalization, air transportation, information system.

В условиях высокой конкуренции на рынке авиаперевозок ключевым фактором удержания клиента становится персонализация сервиса и маркетинговых коммуникаций [1]. Традиционные массовые рассылки обладают крайне низкой конверсией, поскольку не учитывают индивидуальные предпочтения и историю взаимодействия пассажира с авиакомпанией. Современные подходы к customer relationship management (CRM) требуют перехода к сегментации «один на один» (one-to-one) [2], что невозможно без автоматизированного анализа больших объемов накопленных данных. Использование технологий больших данных в CRM-системах позволяет повысить точность прогнозирования потребительского поведения и эффективность маркетинговых кампаний [3].

Существующие CRM-системы и модули бизнес-аналитики (BI) часто ограничены стандартными отчетами и требуют от маркетологов ручной интерпретации данных для создания гипотез по предложениям. При этом современные BI-решения играют ключевую роль в повышении эффективности бизнес-процессов и формировании технологического суверенитета предприятий [4]. Данная работа направлена

на автоматизацию этого процесса путем разработки специализированного алгоритмического ядра, которое на основе анализа структурированных транзакционных данных самостоятельно выявляет значимые поведенческие паттерны и формирует персональные рекомендации.

Целью исследования является разработка и апробация прототипа информационной системы, реализующей полный цикл: от анализа сырых данных о перелетах до генерации обоснованных персональных предложений. В качестве технологической основы выбрана СУБД PostgreSQL [5] и язык SQL для реализации аналитической логики, что обеспечивает высокую производительность, надежность и прозрачность алгоритмов.

Общая архитектура прототипа системы представлена на рисунке 1. Она включает три основных слоя: слой данных, слой аналитической логики и слой представления.

Исходной точкой является демонстрационная база данных авиаперевозок [6], содержащая информацию о бронированиях, билетах, рейсах, пассажирах и аэропортах. Для хранения результатов анализа и сгенерированных предложений схема базы

данных была расширена. Были созданы две таблицы (таблица 1, ключевые служебные таблицы (таблица 1, таблица 2)).

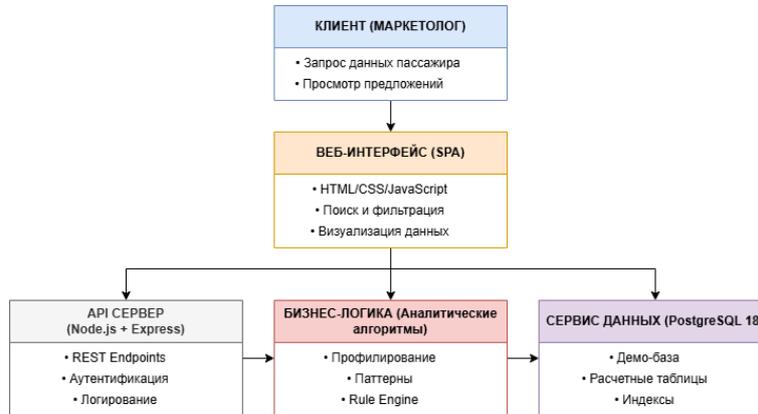


Рис. 1. Архитектура прототипа системы формирования персональных предложений

Таблица 1 Структура таблицы passenger_profiles

Столбец	Тип данных	Описание
passenger_id_hash	VARCHAR(64)	Уникальный хэш-идентификатор пассажира (SHA256)
first_flight_date	DATE	Дата первого зарегистрированного перелета
last_flight_date	DATE	Дата последнего перелета
total_flights	INTEGER	Общее количество совершенных перелетов
total_amount	NUMERIC(15,2)	Общая сумма, потраченная на перелеты
preferred_class	VARCHAR(10)	Предпочитаемый класс обслуживания (Economy, Comfort, Business)
favorite_route	JSONB	Любимый маршрут в формате JSON: { "arrival_city": "Москва", "flight count": 1, "departure_city": "Уфа" }
home_city	TEXT	Предполагаемый домашний город пассажира
is_business_traveler	BOOLEAN	Флаг, указывающий на признаки делового путешественника

Таблица 2 Структура таблицы generated_offers

Столбец	Тип данных	Описание
offer_id	BIGSERIAL	Уникальный идентификатор предложения.
passenger_id_hash	VARCHAR(64)	Ссылка на профиль пассажира
offer_type	VARCHAR(50)	Тип предложения
offer_parameters	JSONB	Параметры предложения (скидка, направление, сезон и т.д.)
reason	TEXT	Текстовое обоснование, объясняющее, на основе какого паттерна сформировано предложение
relevance_score	INTEGER	Оценка релевантности предложения для пассажира (1-100)

Алгоритмическое ядро представляет собой набор взаимосвязанных SQL-запросов и функций, реализующих три этапа: построение профиля, выявление паттернов,

генерацию предложений по правилам (rule-based engine).

Алгоритм 1. Построение комплексного профиля пассажира. На первом этапе

для каждого уникального пассажира (идентифицируемого по связке `passenger_id` и `passenger_name`) вычисляются агрегированные показатели. Ключевым является запрос для определения «домашнего» города и статуса делового путешественника.

Признаками последнего считаются: высокий процент вылетов в рабочие дни (>70%) и средняя продолжительность полета менее 4 часов. Фрагмент запроса представлен на рисунке 2.

```

Запрос История запросов
1 UPDATE passenger_profiles pp
2 SET
3   home_city = subq.home_city,
4   is_business_traveler = subq.is_business_traveler
5 FROM (
6   WITH city_stats AS (
7     SELECT
8       -- Хэш для связи
9       ENCODE(SHA256(t.passenger_id::bytea || t.passenger_name::bytea), 'hex') as pid_hash,
10      a.city,
11      COUNT(*) as flights_from_city,
12      -- Доля вылетов в рабочие дни (пн-пт)
13      AVG(CASE
14        WHEN EXTRACT(ISODOW FROM f.scheduled_departure) BETWEEN 1 AND 5
15        THEN 1.0 ELSE 0.0
16      END) as weekday_ratio,
17      -- Средняя продолжительность полета
18      AVG(EXTRACT(EPOCH FROM (f.scheduled_arrival - f.scheduled_departure))) / 3600 as avg_duration_hours
19 FROM tickets t
20 JOIN ticket_flights tf ON t.ticket_no = tf.ticket_no
21 JOIN flights f ON tf.flight_id = f.flight_id
22 JOIN airports a ON f.departure_airport = a.airport_code
23 WHERE f.status IN ('Arrived', 'Departed')
24 GROUP BY t.passenger_id, t.passenger_name, a.city
25 ),
26   city_ranked AS (
27     SELECT
28       pid_hash,
29       city,
30       flights_from_city,
31       weekday_ratio,
32       avg_duration_hours,
33       ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY pid_hash ORDER BY flights_from_city DESC) as city_rank
34     FROM city_stats
35   )
36   SELECT
37     pid_hash,
38     city as home_city,
39     -- Бизнес-путешественник: >70% полетов в будни и средний полет < 4 часов
40     (weekday_ratio > 0.7 AND avg_duration_hours < 4.0) as is_business_traveler
41 FROM city_ranked
42 WHERE city_rank = 1 -- Берем самый частый город вылета
43 ) subq
44 WHERE pp.passenger_id_hash = subq.pid_hash;

```

Результат Сообщения Уведомления

UPDATE 2821206

Запрос завершен успешно, время выполнения: 8 мин 2 сек.

Рис. 2. Фрагмент успешного выполнения запроса Алгоритма 1

```

Запрос История запросов
1 UPDATE passenger_profiles pp
2 SET favorite_route = subq.favorite_route_json
3 FROM (
4   WITH route_stats AS (
5     SELECT
6       ENCODE(SHA256(t.passenger_id::bytea || t.passenger_name::bytea), 'hex') as pid_hash,
7       dep.city as departure_city,
8       arr.city as arrival_city,
9       COUNT(*) as route_count
10 FROM tickets t
11 JOIN ticket_flights tf ON t.ticket_no = tf.ticket_no
12 JOIN flights f ON tf.flight_id = f.flight_id
13 JOIN airports dep ON f.departure_airport = dep.airport_code
14 JOIN airports arr ON f.arrival_airport = arr.airport_code
15 WHERE f.status IN ('Arrived', 'Departed')
16 GROUP BY t.passenger_id, t.passenger_name, dep.city, arr.city
17 ),
18   route_ranked AS (
19     SELECT
20       pid_hash,
21       departure_city,
22       arrival_city,
23       route_count,
24       ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY pid_hash ORDER BY route_count DESC) as route_rank
25     FROM route_stats
26   )
27   SELECT
28     pid_hash,
29     jsonb_build_object(
30       'departure_city', departure_city,
31       'arrival_city', arrival_city,
32       'flight_count', route_count
33     ) as favorite_route_json
34 FROM route_ranked
35 WHERE route_rank = 1
36 ) subq
37 WHERE pp.passenger_id_hash = subq.pid_hash;

```

Результат Сообщения Уведомления

UPDATE 2821206

Запрос завершен успешно, время выполнения: 4 мин 46 сек.

Рис. 3. Фрагмент успешного выполнения запроса Алгоритма 2

Алгоритм 2. Выявление «любимого» маршрута. Для каждого пассажира

находится пара городов (вылет-прилет), по которой было совершено наибольшее

количество перелетов. Результат сохраняется в поле `favorite_route` в структурированном JSON-формате (рисунок 3).

Алгоритм 3. Генерация предложений на основе правил. Движок правил последовательно применяет бизнес-логику к построенному профилю. Основные реализованные правила:

Правило L1 (Поощрение лояльности): Если с момента `last_flight_date` прошло более 180 дней, а `total_flights` ≥ 3 , генерируется предложение типа `loyalty_bonus` со скидкой 15% на рейс.

Правило U1 (Апгрейд сервиса): Если `preferred_class = 'Economy'` и `is_business_traveler = true`, генерируется

предложение `upgrade` на платный апгрейд до класса «Comfort» со скидкой 25%.

Оценка релевантности (`relevance_score`) вычисляется на основе весовых коэффициентов, присвоенных каждому правилу, и «силы» срабатывания условия (например, величины интервала с последнего полета).

Для тестирования алгоритмов был использован демонстрационный набор данных, содержащий информацию о нескольких сотнях тысяч перелетов. После выполнения алгоритмов построения профиля и генерации предложений для пассажиров были получены результаты, обобщенные на рисунке 6.

```

Запрос История запросов
1 -- Правило L1: Поощрение лояльности (давно не летал)
2 INSERT INTO generated_offers (
3   passenger_id_hash,
4   offer_type,
5   offer_parameters,
6   reason,
7   relevance_score
8 )
9 SELECT
10  pp.passenger_id_hash,
11  'loyalty_bonus' as offer_type,
12  jsonb_build_object(
13    'discount_percent', 15,
14    'validity_days', 30,
15    'message', 'Скидка за возвращение!'
16  ) as offer_parameters,
17  'Вы давно не летали с нами. Специальное предложение для вашего возвращения!' as reason,
18  CASE
19    WHEN pp.total_flights > 20 THEN 95
20    WHEN pp.total_flights > 10 THEN 85
21    ELSE 75
22  END as relevance_score
23 FROM passenger_profiles pp
24 WHERE pp.last_flight_date < CURRENT_DATE - INTERVAL '180 days'
25        AND pp.total_flights >= 3;

```

Результат Сообщения Уведомления

```

INSERT @ 1190017

```

Запрос завершен успешно, время выполнения: 1 мин 4 сек.

Рис. 4. Фрагмент успешного выполнения запроса Правила L1 для Алгоритма 3

```

Запрос История запросов
1 -- Правило U1: Апгрейд класса (для бизнес-путешественников)
2 INSERT INTO generated_offers (
3   passenger_id_hash,
4   offer_type,
5   offer_parameters,
6   reason,
7   relevance_score
8 )
9 SELECT
10  pp.passenger_id_hash,
11  'upgrade' as offer_type,
12  jsonb_build_object(
13    'from_class', 'Economy',
14    'to_class', 'Comfort',
15    'discount_percent', 25,
16    'applicable_routes', pp.favorite_route->>'arrival_city'
17  ) as offer_parameters,
18  'Повысьте комфорт в деловых поездках! Специальное предложение по апгрейду класса обслуживания.' as reason,
19  90 as relevance_score
20 FROM passenger_profiles pp
21 WHERE pp.is_business_traveler = TRUE
22        AND pp.preferred_class = 'Economy'
23        AND pp.total_flights >= 3;

```

Результат Сообщения Уведомления

```

INSERT @ 552417

```

Запрос завершен успешно, время выполнения: 39 сек 494 мс.

Рис. 5. Фрагмент успешного выполнения запроса Правила U1 для Алгоритма 3

Интерфейс системы позволяет найти пассажира и просмотреть его рассчитанный профиль вместе со списком персональных предложений, отсортированных по убыванию релевантности (рис. 7). Для каждого предложения отображается его тип, параметры (например, размер скидки) и текстовое обоснование (reason), что повышает доверие к системе со стороны маркетолога. В ходе работы разработан и реализован прототип системы автоматизированного формирования персональных предложений для пассажиров авиакомпании.

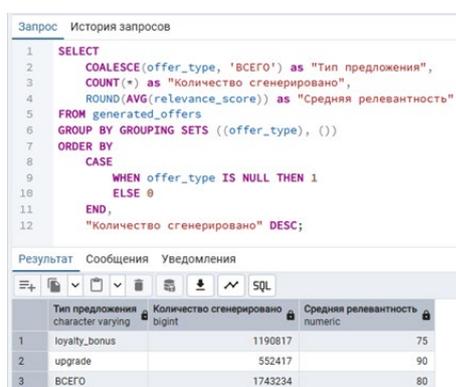


Рис. 6. Распределение сгенерированных предложений по типам

Ключевым результатом является создание алгоритмического ядра на SQL, способного выявлять скрытые поведенческие паттерны в транзакционных данных и применять к ним набор бизнес-правил для генерации целевых предложений. Использование возможностей современной СУБД (оконные функции, JSONB, сложные JOIN) позволило реализовать логику анализа «на месте», без выгрузки данных во внешние средства анализа, что повышает производительность и безопасность.

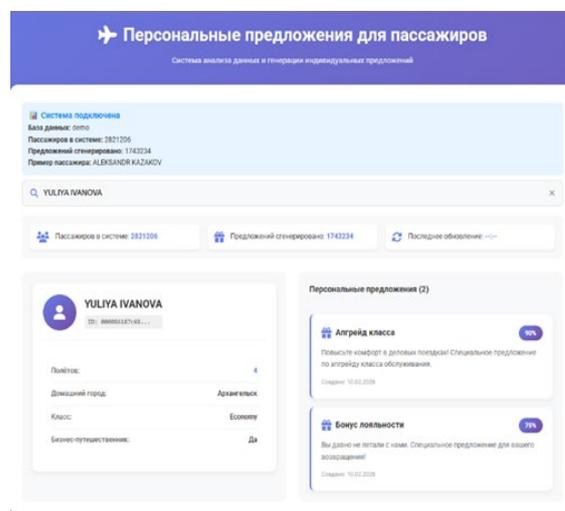


Рис. 8. Фрагмент интерфейса прототипа: список предложений

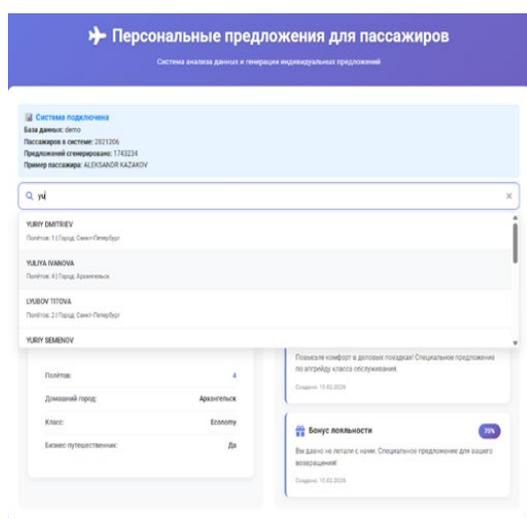


Рис. 7. Фрагмент интерфейса прототипа: профиль пассажира

Практическая значимость работы заключается в демонстрации подхода, позволяющего перевести процесс создания маркетинговых гипотез из области ручного труда в область управляемой автоматике.

Предложенная архитектура является масштабируемой: rule-engine может пополняться новыми условиями, а для более сложного анализа (например, кластеризации пассажиров) может быть подключен отдельный ML-модуль. Перспективным направлением развития является интеграция методов искусственного интеллекта для оптимизации маркетинговых

исследований и повышения адаптивности рекомендательных систем [7].

Дальнейшие направления развития включают интеграцию прототипа с реальными CRM- и BI-системами через API, оптимизацию производительности запросов для работы с Big Data, а также внедрение механизмов обратной связи (отклик на предложения) для постоянной автоматической калибровки правил и оценки их реальной бизнес-эффективности.

Библиографический список

1. Котлер Ф., Келлер К.Л. Маркетинг менеджмент. 15-е изд. – СПб.: Питер, 2018. – 816 с.

2. Дайер Д. CRM. Стратегия, тактика, практика. – М.: Альпина Паблишер, 2020. – 456 с.

3. Хамитов, Р. М. Использование больших данных в CRM системах / Р. М. Хамитов // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 5(166). – С. 968-972. – DOI 10.34925/EIP.2024.166.5.197. – EDN OFLRIU.

4. Юсупова, Р. И. Роль BI-систем в

бизнесе / Р. И. Юсупова, Р. С. Зарипова // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Материалы международной научно-технической конференции, Казань, 03 апреля 2025 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 432-435. – EDN NGEMAU.

5. PostgreSQL 18 Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.postgresql.org/docs/18/index.html> (дата обращения: 28.01.2026).

6. Демонстрационная база данных «Авиаперевозки» [Электронный ресурс]. – URL: <https://postgrespro.ru/education/demodb> (дата обращения: 28.01.2026).

7. Салтанаева, Е. А. Оптимизация информационных процессов в области маркетинговых исследований с применением технологий искусственного интеллекта / Е. А. Салтанаева, С. В. Васильева, Р. И. Эшелиоглу // Экономика. Информатика. – 2024. – Т. 51, № 2. – С. 413-424. – DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-2-413-424. – EDN GDXFRH.

Информация об авторах

Салтанаева Елена Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: elena_maister@mail.ru

Асадуллин Ислам Ровшанович – студент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: islam.asadullin@mail.ru

Information about the author

Saltanaeva Elena Andreevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan), e-mail: elena_maister@mail.ru

Asadullin Islam Rovshanovich – student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia, Republic of Tatarstan), e-mail: islam.asadullin@mail.ru