

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 № 3 (37), 2025

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Выпуск № 3 (37)

Октябрь, 2025

- **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ**
- **ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ**
- **ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ**
- **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 - А.В. Смольянинов, 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)
Курипта О.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, 2025

Дата выхода в свет 17.10.2025. Объем данных 18,4 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

СОДЕРЖАНИЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

<i>Потапова К.А.</i> Методика автоматизированного формирования научных коллективов на основе семантической кластеризации текстов 6	<i>Potapova K.A.</i> Method of automated formation of scientific teams based on semantic clustering of texts 6
<i>Тургунова А.Р., Аснина Н.Г.</i> Анализ эффективности моделей векторизации для кластеризации коротких пользовательских сообщений: BERT, TF-IDF и FastText 12	<i>Turgunova A.R., Asnina N.G.</i> Analysis of vectorization model performance for clustering short user messages: BERT, TF-IDF, and FastText 12
<i>Тургунова А.Р., Аснина Н.Г.</i> Влияние качества preprocessing текста на эффективность кластеризации коротких пользовательских сообщений 15	<i>Turgunova A.R., Asnina N.G.</i> The impact of text preprocessing quality on the effectiveness of short user message clustering 15
<i>Азарнова Т.В., Щеглова С.Е.</i> Исследование задачи оптимального распределения сотрудников по образовательным программам 19	<i>Azarnova T.V., Shcheglova S.E.</i> Study of the problem of optimal distribution of employees according to educational programs 19
<i>Калач А.В., Парамонов А.А., Трушина В.И.</i> Методика обработки и анализа спутниковых фото и видеоизображений тропических циклонов для выявления почти периодических характеристик 23	<i>Kalach A.V., Paramonov A.A., Trushina V.I.</i> The methodology of processing and analyzing satellite photo and video images of tropical cyclones to identify almost periodic characteristics 23
<i>Калач А.В., Крынецкий Б.А., Кузнецова К.А.</i> Исследование лавинной опасности территорий на основе почти периодического анализа спутниковых изображений 28	<i>Kalach A.V., Krynetsky B.A., Kuznetsova K.A.</i> Investigation of avalanche danger of territories based on almost periodic analysis of satellite images 28
<i>Короленко М.Р., Ветохина В.А., Трофимчук М.В.</i> Моделирование разлета поражающих элементов авиационных средств поражения 33	<i>Korolenko M.R., Vetohina V.A., Trofimchuk M.V.</i> Modeling of scattering of damaging elements of aviation weapons 33
<i>Калач А.В., Литвинов Д.А., Зайцева М.А.</i> Анализ уравнений переноса и турбулентной дисперсии радионуклидов в водоемах с ламинарными и турбулентными потоками 36	<i>Kalach A.V., Litvinov D.A., Zaytseva M.A.</i> Analysis of transport equations and turbulent dispersion of radionuclides in bodies of water with laminar and turbulent flows 36

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

<i>Бондаренко О.Н.</i> Сравнительный анализ нейросетевых моделей лингвистической обработки данных 43	<i>Bondarenko O.N.</i> Analysis and comparison of the effectiveness of neural network models of linguistic data processing 43
<i>Белокопытов А.И.</i> Искусственный интеллект в аналитике данных: как ИИ трансформирует принятие решений в бизнесе 50	<i>Belokopytov A.I.</i> Artificial intelligence in data analytics: how AI transforms decision-making in business 51
<i>Грачев А.А.</i> Обзор современных методов оптимизации и адаптации языковых моделей искусственного интеллекта в задачах обработки информации 53	<i>Grachev A.A.</i> Review of modern methods for optimization and adaptation of artificial intelligence language models in information processing tasks 53

Жуков Н.П., Остапенко А.А., Васильченко А.П. Цифровая инженерия обеспечения безопасности: нейросетевой консультант по противодействию кибератакам.....	Zhukov N.P., Ostapenko A.A., Vasilchenko A.P. Digital security engineering: neural network consultant for countering cyber attacks.....	61	62
Кобозева Е.М., Кузнецов В.Е. Использование автотестов: путь к повышению качества продукта и эффективности разработки	Kobozeva E.M., Kuznetsov V.E. Using autotests: the path to improving product quality and development efficiency.....	64	64
Шамшурин В.В., Благодатский Г.А., Боднар М.В. Анализ точности различных конфигураций YOLO8 при распознавании дефектов стеклянных бутылок.	Shamshurin V.V., Blagodatsky G.A., Bodnar M.V. Analysis of the accuracy of various YOLO8 configurations in detecting defects in glass bottles	69	69
Ухин Д.С., Морозов В.П. Совершенствование системы оплаты парковочных мест на основе программных решений.....	Ukhin D.S., Morozov V.P. Improvement of the parking payment system based on software solutions	77	77
Гафурбаев И.Р., Куценко С.М. Оптимизация алгоритмов обработки больших данных с использованием методов машинного обучения	Gafurbaev I.R., Kutsenko S.M. Optimization of big data processing algorithms using machine learning methods.....	81	81
Москалева Е.А., Краснобородкин А.Г., Катюрин Д.А. Нейросетевой курс введения в профессию специалиста по защите информации	Moskaleva E.A., Krasnoborodkin A.G., Katyurin D.A. A neural network-based introduction to the information security profession	84	84

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Дубинин Д.А., Сокольников В.В. Интерактивные системы поддержки сборочных процессов на основе дополненной реальности.....	Dubin D.A., Sokolnikov V.V. Interactive assembly process support systems based on augmented reality	89	89
Паринова Е.В. Влияние качества технического задания на рабочий процесс 3D визуализатора интерьера.....	Parinova E.V. The impact of the quality of the technical assignment on the workflow of a 3D interior visualizer	93	93
Поднебесная К.Д., Акимов Н.В., Сокольников В.В. Цифровые двойники в промышленности: технологии, применение и интеграция с системами управления на примере ЛОЦМАН.....	Podnebesnaya K.D., Akimov N.V., Sokolnikov V.V. Digital twins in industry: technologies, application and integration with control systems on the example of LOTSMAN.....	97	97
Степанов Н.С. Применение трёхслойной LSTM- сети для генерации временных рядов частоты энергосистемы	Stepanov N.S. Application of a three-layer LSTM network for generating power system frequency time series	100	101
Фоменко Д.М., Ивченко Я.А., Козинский В.С. PLM- системы как инструмент цифровой трансформации промышленности: особенности российского решения ЛОЦМАН:PLM	Fomenko D.M., Ivchenko Y.A., Kozinsky V.S. PLM systems as a tool for industrial digital transformation: features of the russian solution LOTSMAN:PLM	106	106
Паринов М.В., Мнацаканян С.А. Реализация системы управления робототехнического решения для системной автоматизации склада медикаментов скорой медицинской помощи.....	Parinov M.V., Mnatsakanyan S.A. Implementation of a robotic solution control system for the system automation of an ambulance medicine warehouse.....	111	111
Сергеев И.Д., Салтанаева Е.А. Разработка CRM- системы для управления малым бизнесом	Sergeev I.D., Saltanaeva E.A. CRM system development for small business management.....	117	117
Хакимова А.Л., Салтанаева Е.А. Автоматизация работы медицинских учреждений: современные тенденции, проблемы и перспективы	Khakimova A.L., Saltanaeva E.A. Automation of medical institutions: modern trends, challenges, and prospects	121	121

Шагимарданова Г.Ф., Салтанаева Е.А. Цифровая трансформация автотранспортных предприятий: роль информационных систем в повышении эффективности..... 125

Shagimardanova G.F., Saltanaeva E.A. Digital transformation of trucking companies: the role of information systems in improving efficiency 125

АЛГОРИТМЫ, ПРОГРАММЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

Бондаренко Ю.В., Галушка Е.Е. Разработка программно-алгоритмического комплекса оценки эффективности функционирования региона и формирования оптимального портфеля мероприятий по ее повышению..... 130

Bondarenko Yu.V., Galushka E.E. Development of program-algorithmic complex for assessing the efficiency of the region functioning and forming the optimal portfolio of measures to improve it 130

Баранов Д.А. Разработка языка описания ограничений, применяемых к многокритериальным задачам оптимизации 137

Baranov D.A. Development of a constraint description language for multicriteria optimization problems..... 137

Паринов М.В., Мнацаканян С.А. Анализ решений системной автоматизации склада медикаментов скорой медицинской помощи..... 142

Parinov M.V., Mnatsakanyan S.A. Analysis of system automation solutions for emergency medicine storage..... 142

Архипова Н.А., Зарожина Я.А. Разработка мобильного приложения для заказа услуг цифрового дизайна 147

Arkhipova N.A., Zarozhina Ya.A. Development of a mobile application for ordering digital design services 147

Гилязева А.И., Петрова Н.К. Методология разработки системы управления личными финансами на языке Python с использованием Tkinter и MySQL 154

Gilyazeva A.I., Petrova N.K. Methodology for developing a personal finance management system using Python with Tkinter and MySQL 154

Соловьева А.А., Салтанаева Е.А. Проектирование эффективной базы данных для анализа демографических показателей региона 157

Soloveva A.A., Saltanaeva E.A. Designing an effective database for analyzing regional demographic indicators 157

Ахтямова А.А., Салтанаева Е.А. Проектирование системы контроля и учета питания на платформе 1C: предприятие 162

Akhtyamova A.A., Saltanaeva E.A. Development of power monitoring and metering system on the 1C: enterprise platform 162

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

УДК 004.891

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ КОЛЛЕКТИВОВ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ТЕКСТОВ

К.А. Потапова¹

¹*МИРЭА – Российский технологический университет*

Аннотация: Статья посвящена разработке нового подхода к формированию научных коллективов на основе анализа текстов публикаций. В исследовании предложена методика, сочетающая векторизацию текстов и алгоритмы кластеризации для выявления семантически близких исследований. Практическая значимость работы заключается в возможности применения алгоритма для подбора исследователей при формировании научных групп, в том числе для междисциплинарных проектов.

Ключевые слова: семантический анализ, векторизация текстов, алгоритмы кластеризации, машинное обучение, рекомендательные системы.

METHOD OF AUTOMATED FORMATION OF SCIENTIFIC TEAMS BASED ON SEMANTIC CLUSTERING OF TEXTS

К.А. Potapova¹

¹*MIREA – Russian Technological University*

Abstract: The article is devoted to the development of an automated approach to the formation of research teams based on the analysis of publication texts. The study proposes a methodology that combines text vectorization methods and clustering algorithms to identify semantically close studies. The practical significance of the work lies in the possibility of using the algorithm to select researchers when forming research teams, including for interdisciplinary projects.

Keywords: semantic analysis, text vectorization, clustering algorithms, machine learning, recommender systems.

Современные рекомендательные системы прочно вошли в цифровую экономику, успешно решая задачи персонализированного подбора фильмов, музыкальных композиций и социальных связей [1]. Аналогичные технологии находят применение и в профессиональной сфере – специализированные платформы используют данные о пользовательской активности для рекомендации релевантных специалистов [2].

Однако в контексте поиска научных сотрудников традиционные подходы оказываются малоэффективными. Базы научных публикаций, в отличие от коммерческих платформ, не предполагают активного вовлечения пользователей через учётные

записи. Данные о публикациях собираются из открытых источников, что исключает возможность применения стандартных методов рекомендаций, основанных на пользовательской активности. Особую сложность представляет формирование научного коллектива с нуля, так как необходимо не только идентифицировать экспертов в заданной области, но и спрогнозировать их эффективную совместную работу [3].

Для решения этой проблемы предлагается использование методики, включающей в себя:

1. Сбор данных из открытых научных источников (публикации, патенты, цитирования).

2. Векторизацию текстов с применением методов машинного обучения.

3. Кластеризацию на основе тематической и метрической близости для выявления потенциально совместимых специалистов.

Данные собраны из открытых ресурсов, векторизация и классификация проведены на языке Питон с использованием ряда библиотек: pandas, sklearn, gensim, matplotlib [4, 5, 6, 7].

Структура данных. Использованы статьи из подкатегории «Информационные системы и технологии», собранные случайным образом из открытых источников [8]. В данных содержатся заголовок, аннотация и текст статьи. Набор данных содержит 2000 строк. Проведена предобработка данных: приведение к нижнему регистру, очищение от стоп-слов и специальных символов, лемматизация, удаление строк с пустыми текстами или авторами, а также заполнение пропусков в столбце аннотации.

Алгоритм кластеризации. Во всех рассматриваемых моделях применяется единый алгоритм, состоящий из следующих этапов:

1. Необходимо определение начального оптимального числа кластеров, так как цель состоит в поиске сотрудников для формирования научных групп. Также нет смысла в слишком большом и слишком малом количестве кластеров: необходимо следить за размерностью одного кластера. Количество кластеров вычисляется по формуле 1:

$$n_{\text{clusters}} = \frac{\text{len}(\text{data})}{k} \quad (1)$$

где в знаменателе дроби предполагаемое количество исследований, а в числителе количество строк используемой базы данных.

2. Векторизация текстовых данных: тексты научных публикаций преобразуются в

числовые векторы. В качестве базовой статистической модели применяется TF-IDF [4], также рассмотрены более современные модели, способные сохранять семантический смысл текстов: word2vec и SentenceTransform [7].

3. Применение алгоритма кластеризации: на векторизованных данных выполняется кластеризация методами агломеративной кластеризации, DBSCAN и k-means [7].

4. Визуализация методом главных компонент [5].

5. Количественная оценка качества кластеризации на оптимальном количестве кластеров (формула 1). Рассчитываются стандартные метрики: силуэт, индекс Калински-Х. и индекс Дэвис-Б. (Silhouette Score, Calinski-Harabasz Index и Davies-Bouldin Index) [4].

6. Автоматизированный перебор параметров: для каждой модели автоматически подбирались параметры кластеризации, после чего анализировались метрики качества и распределение размеров кластеров, включая выбросы (1-2 элемента в одном кластере).

7. Качественная оценка результатов кластеризации: производится выбор и детальный разбор одного из кластеров для оценки тематической согласованности.

Метод главных компонент. Для визуализации структуры данных метод главных компонент (PCA) был применён к текстовым признакам, что позволило снизить размерность до двух измерений и отобразить распределение статей на плоскости. Поскольку алгоритм агломеративной кластеризации требует работы с плотными матрицами, разреженная матрица, полученная после векторизации текстов, была предварительно преобразована в плотный формат. Результаты визуализации указаны на рисунке 1.

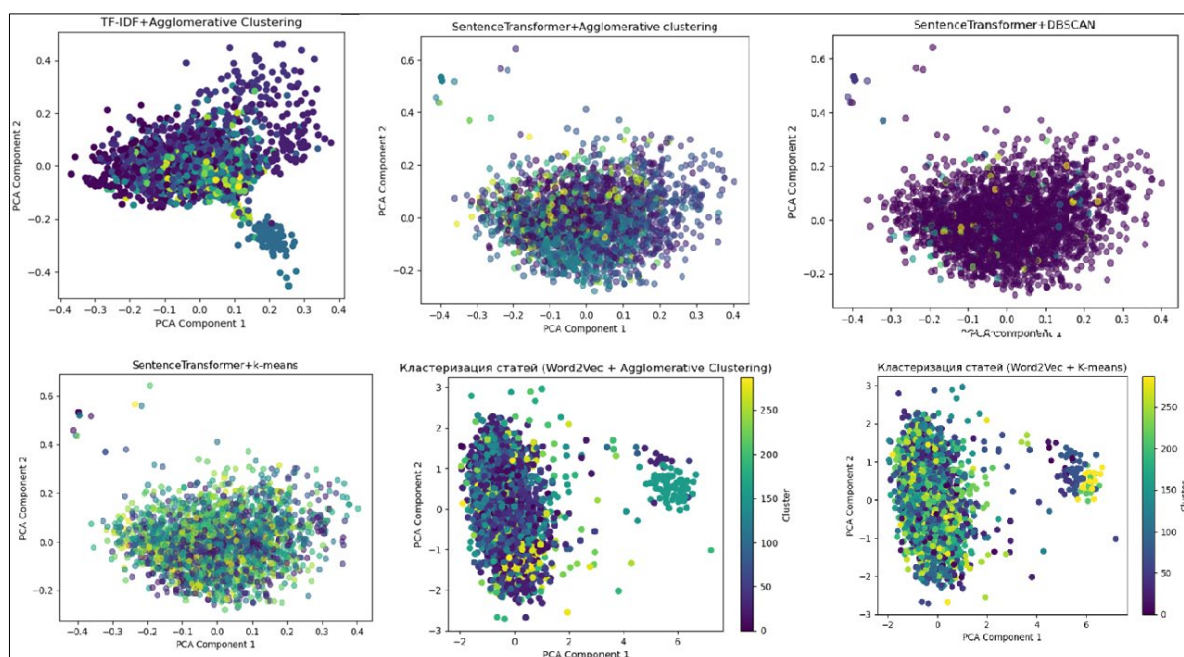


Рис. 1. Метод главных компонент применительно к разным моделям векторизации и кластеризации текстов

Визуально у моделей TF-IDF и word2vec можно выделить два кластера. В методе векторизации SentenceTranform кластеры визуально не выделяются.

Количественная оценка результатов кластеризации. Рассчитаны три метрики:

– индекс силуэта – оценка компактности и разделимости кластеров. Варьируется от -1 до 1, где значение, близкое к 1, указывает на хорошую кластеризацию, значение 0 говорит о пересечении кластеров, а отрицательные значения означают, что объекты

были неправильно классифицированы [9].

– индекс Калински-Н. – мера дисперсии внутри и между кластерами. Чем выше значение индекса, тем лучше разделены кластеры и тем больше вариация между кластерами [10].

– индекс Дэвис-Б. – оценка средней схожести кластеров. Чем ниже значение индекса, тем лучше различимы кластеры [11].

В таблице 1 указаны полученные результаты.

Таблица 1 Количественная оценка результатов кластеризации

Векторизация	Модель	Силуэт	Индекс Калински-Н.	Индекс Дэвис-Б.
TF-IDF	Агломеративная кластеризация	0.059	3.016	2.208
SentenceTransform	Агломеративная кластеризация	-0.402	4.111	4.037
	DBSCAN	-0.344	3.988	5.597

Векторизация	Модель	Силуэт	Индекс Калински-Н.	Индекс Дэвис-Б.
Word2Vec	Агломеративная кластеризация	0.080	29.215	1.236
	К-средних	0.080	33.116	1.668

Наилучшие результаты у метода векторизации word2vec: при этом агломеративная кластеризация и кластеризация методом к-средних очень похожи по результатам. По метрикам наихудшей оказалась векторизация текста SentenceTransform.

Поскольку основная цель исследования заключается в разработке практико-ориентированной методики формирования научных коллективов, а не в проведении сравнительного анализа существующих методов, в работе было принято решение ограничиться тремя подходами к векторизации текстов и тремя фундаментальными алгоритмами кластеризации. Данный выбор подтверждается работами специалистов в области обработки естественного языка и анализа текстов [12, 13, 14], где указанные методы демонстрируют устойчивую эффективность при решении схожих задач.

Автоматизированный подбор параметров

Для кластеризаций методами агломеративной и к-средних используется алгоритм автоматического перебора количества заданных кластеров. Для DBSCAN автоматически подбирался параметр «eps» – радиус окрестности точки, в пределах которой ищутся соседние точки для формирования кластера, а оптимальное количество кластеров данная модель считает самостоятельно. На основе автоматизированного подбора параметров проанализированы количественные метрики. Также здесь оценивался максимальный размер одного

кластера и кластеры размерностью 1 и 2.

Пример автоматизированного подбора параметров для векторизации методом word2vec и модели кластеризации к-средних указан на рисунке 2. Остальные результаты автоматизированного подбора параметров [15] подтверждают полученные выводы о выборе методов векторизации и кластеризации текстов.

Качественная оценка кластеризации

Приведённые выше индексы преимущественно оценивают форму кластеров, а не правильность разбиения. Поэтому придётся прибегнуть к экспертной оценке получившихся кластеров.

TF-IDF использована в качестве базовой модели. Она демонстрирует ограниченную эффективность, сопоставимую с поиском, по ключевым словам, и может применяться лишь на начальном этапе кластеризации для первичной сегментации данных. Однако ключевая задача исследования заключается не в традиционном поиске, по ключевым словам, а в обнаружении скрытых связей между исследователями, формирующими релевантные научные коллективы.

SentenceTransform демонстрирует ограниченную интерпретируемость при кластерном анализе, не позволяя четко идентифицировать доминирующую тематику в рамках сформированных групп, при этом отсутствуют явные лексические маркеры, характерные для традиционных методов информационного поиска.

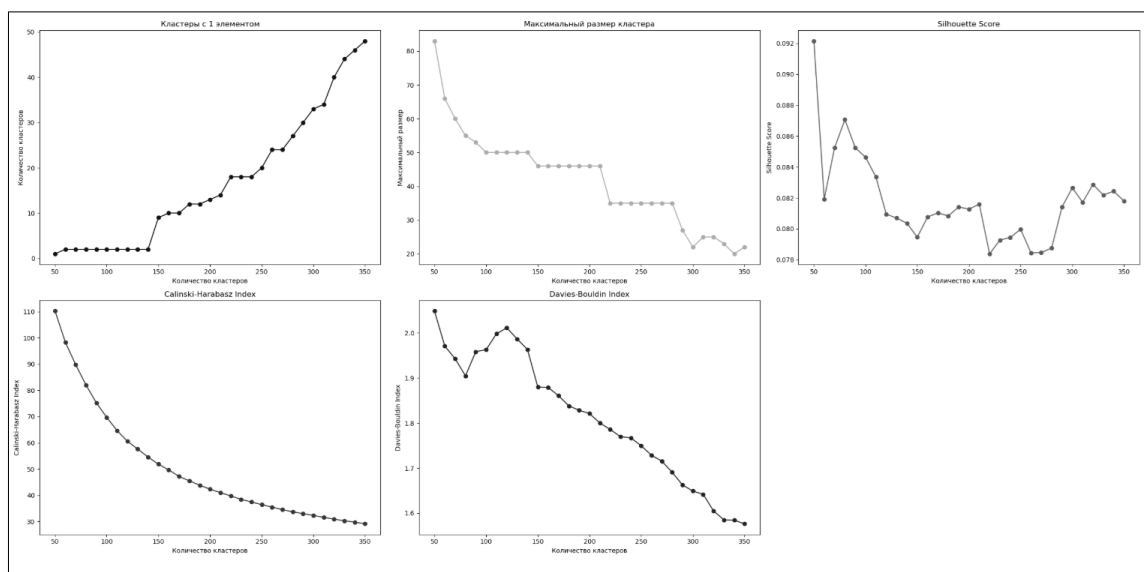


Рис. 2. Автоматизированный подбор параметров моделей

В отличие от TF-IDF и SentenceTransform, word2vec обеспечивает эффективное сохранение семантических характеристик текстов, формируя кластеры, основанные на скрытых связях, а не на поверхностных лексических совпадениях, что принципиально отличает данный подход от стандартных поисковых механизмов. При этом ключевое влияние на качество конечной кластеризации оказывает именно выбор модели векторизации, в то время как параметры алгоритмов кластеризации требуют лишь последующей калибровки на основе метрик качества.

Вывод. Проведённое исследование подтверждает эффективность комбинации методов векторизации текста и алгоритмов кластеризации для автоматизированного анализа научных публикаций. Предложенная методика демонстрирует способность к формированию однородных кластеров на основе семантического анализа, что позволяет использовать алгоритм для формирования научных групп.

Несмотря на существующие ограничения, связанные с вариативностью метрик

при малом числе кластеров и сложностью контроля их размеров, исследование устанавливает важные закономерности в автоматизированном выявлении скрытых связей между публикациями. Полученные результаты, включая распределение статей по кластерам и значения оценочных метрик свидетельствуют о перспективности дальнейшего развития данного направления. Также есть возможности для совершенствования алгоритма за счет добавления дополнительных семантических признаков и разработки комбинированных критериев оценки, что может существенно повысить точность и практическую применимость метода для задач формирования научных групп.

Библиографический список

1. Ларин С.Э., Рекомендательные системы: обзор и анализ методов, XVI Всероссийская научно-практическая конференция молодых учёных «РОССИЯ МОЛОДАЯ», г. Калуга, Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, 16-19 апреля 2024 г.

2. HeadHunter: поиск работы, ООО «Хэдхантер»: правила применения рекомендательных технологий [Электронный ресурс]. URL:

https://hh.ru/article/recommendation_technologies

3. Потапова, К. А. Методы кластеризации для управления человеческими ресурсами в высших образовательных учреждениях / К. А. Потапова, И. А. Исаева // Электронное информационное пространство для науки, образования, культуры : Материалы X Международной научно-практической конференции, Орёл, 14 декабря 2023 года. – Орёл: ФГБОУ ВО "Орловский государственный институт культуры", 2023. – С. 208-213. – EDN UIWTHM.

4. Gensim: Библиотека для тематического моделирования и обработки естественного языка [Электронный ресурс]. URL: <https://radimrehurek.com/gensim/>

5. Matplotlib: Библиотека для визуализации данных на Python [Электронный ресурс]. URL: <https://matplotlib.org/>

6. Pandas: Библиотека для анализа и обработки данных [Электронный ресурс]. URL: <https://pandas.pydata.org/>

7. Scikit-learn: Библиотека машинного обучения для Python [Электронный ресурс]. URL: <https://scikit-learn.org/stable/>

8. Cyberleninka: Научная электронная библиотека «КиберЛенинка», раздел «Компьютерные и информационные науки» [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/c/computer-and-information-sciences>

9. Репина С. И. Проверка качества кластеров с помощью силуэтного анализа // Экономика и социум. 2024. №9 (124).

10. Калински Р.Б., Харабаш Я. Метод дендритов для кластерного анализа // Comm. in Statistics. 1974. Т. 3. С. 1-27.

11. Дэвис Д.Л., Боулдин Д.У. Мера разделения кластеров // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1979. № 1.

12. Эстер М., Шуберт Э., Сандер Я., Кригель Х.-П., Сюй С. DBSCAN переосмысленный: почему и как (всё ещё) следует использовать DBSCAN // ACM Transactions on Database Systems. 2015.

13. Джайн А.К. Кластеризация данных: 50 лет после k-средних // Pattern Recognition Letters, 2010. Т. 31. № 8. С. 651-666. DOI: 10.1016/j.patrec.2009.09.011

14. Кутуков, Д.С. Применение методов кластеризации для обработки новостного потока. Материалы I Междунар. науч. конф. Технические науки: проблемы и перспективы : Материалы Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 20-23 марта 2011 года. – Санкт-Петербург: Реноме, 2011. – 214 с. – ISBN 978-5-91918-077-7. – EDN VJYLCR.

15. Кластеризация публикаций с использованием методов машинного обучения [Электронный ресурс] // GitHub : код исследования Потаповой К.А. – URL: github.com/ksurashanti/ml-diploma/blob/main/jupyter-notebooks/5.%20Кластеризация.ipynb

Информация об авторах

Потапова Ксения Александровна – старший преподаватель кафедры корпоративных информационных систем, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, 78), e-mail: potapova_k@mirea.ru

Information about the author

Potapova Kseniia Aleksandrovna – Senior Lecturer, Department of Corporate Information Systems, MIREA – Russian Technological University (119454, Russia, Moscow, Vernadsky Avenue, 78), e-mail: potapova_k@mirea.ru

УДК 004.9

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ ДЛЯ
КЛАСТЕРИЗАЦИИ КОРОТКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СООБЩЕНИЙ:
BERT, TF-IDF И FASTTEXT****А.Р. Тургунова¹, Н.Г. Аснина²**¹*Воронежский государственный университет*²*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: Исследование сравнивает TF-IDF, FastText и Sentence-BERT при кластеризации 1500 коротких обращений службы поддержки. Сообщения векторизованы, сгруппированы k-means и оценены силуэтом и индексом Дэвиса-Боулдина. Выделенные кластеры пригодны для автоматической маршрутизации запросов через чат-бот, снижая нагрузку на операторов поддержки.

Ключевые слова: кластеризация, FastText, Sentence-BERT, TF-IDF, техническая поддержка, силуэтный коэффициент.

**ANALYSIS OF VECTORIZATION MODEL PERFORMANCE FOR
CLUSTERING SHORT USER MESSAGES: BERT, TF-IDF, AND FASTTEXT****A.R. Turgunova¹, N.G. Asnina²**¹*Voronezh state University*²*Voronezh state technical University*

Abstract: The study compares TF-IDF, FastText, and Sentence-BERT for clustering 1,500 short customer-support messages. The messages were vectorized, grouped with k-means, and evaluated using the silhouette coefficient and the Davies–Bouldin index. The resulting clusters are suitable for automatic request routing through a chatbot, reducing the workload on support agents.

Keywords: clustering, FastText, Sentence-BERT, TF-IDF, technical support, silhouette coefficient.

Службы поддержки программного обеспечения ежедневно сталкиваются с потоками коротких текстовых обращений, содержащих вопросы, жалобы и предложения пользователей. В традиционной практике тематическая маршрутизация таких обращений выполняется вручную сотрудниками первой линии, что приводит к задержкам и повышенной нагрузке на персонал. В условиях растущего числа клиентов и потребности в быстром ответе появляется необходимость автоматизировать процесс распределения запросов по тематическим категориям. Однако отсутствие заранее размеченных данных часто исключает прямое применение классических методов

классификации и требует перехода к алгоритмам кластеризации.

В последние годы активно развиваются модели векторизации текста, позволяющие преобразовать сообщения в числовое представление: от статистических схем TF-IDF до нейросетевых эмбедингов Word2Vec, FastText и трансформеров семейства BERT. Несмотря на множество сравнений этих подходов для задач классификации, их влияние на качество кластеризации коротких сообщений изучено недостаточно. Данная работа восполняет этот пробел и отвечает на три вопроса: (1) какая модель представления обеспечивает более компактные тематические кластеры, (2)

какова интерпретируемость полученных групп, и (3) насколько применимы результаты для интеграции в Telegram-бот службы поддержки.

Цель исследования – провести эмпирический сравнительный анализ TF-IDF, FastText и Sentence-BERT в задаче кластеризации коротких запросов клиентов. Для достижения цели решаются задачи: сбор и предобработка корпуса обращений; построение векторных представлений; подбор оптимального числа кластеров алгоритмом k-means; оценка качества кластеров внутренними метриками; интерпретация тематического содержания групп.

Исследование базируется на корпусе из 1500 текстовых обращений, полученных в 2024 году через службу поддержки программного комплекса МИС. Каждое сообщение содержит идентификатор, штамп даты и времени, имя автора, текст запроса и приоритет. Средняя длина сообщения составляет 79 символов.

Предобработка включала: преобразование даты в формат datetime; коррекцию опечаток алгоритмом SymSpell (словарь $\approx$ 425 тыс. общеязыковых слов + 247 доменных терминов); очистку текста от некириллических символов; удаление стоп-слов NLTK; лемматизацию rymorphy3. Для подавления шума в данные стоп-список был дополнен наиболее распространёнными фамилиями врачей.

Три модели векторизации использовались в следующих конфигурациях:

- TF-IDF – уни- и биграммы, `max_features = 20 000`, `min_df = 5`;
- FastText – предобученные векторы «`ss.ru.300.bin`», дообучение 5 эпох на корпусе; размерность = 300;
- Sentence-BERT – «`paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2`», размерность = 768.

Основной алгоритм кластеризации – k-means, подбор числа кластеров k от 2 до 10 выполнялся по «локтю» и максимальному среднему силуэт-коэффициенту. Как видно на рисунке 1, падение инерции резко замедляется при $k \approx 7$, что указывает на рациональный выбор этого значения. Дальнейшая проверка средним силуэт-коэффициентом (см. рис. 2) подтвердила максимум качества при $k = 7$. Качество оценивалось силуэтом и индексом Дэвиса–Боулдина. Эксперименты выполнялись в Google Colab на GPU T4; использовались библиотеки pandas 2.2, scikit-learn 1.4, gensim 4.3, sentence-transformers 2.7.

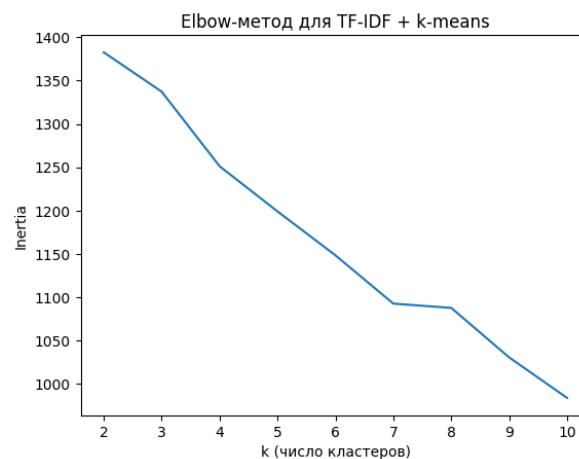


Рис. 1. Кривая «локтя» для TF-IDF

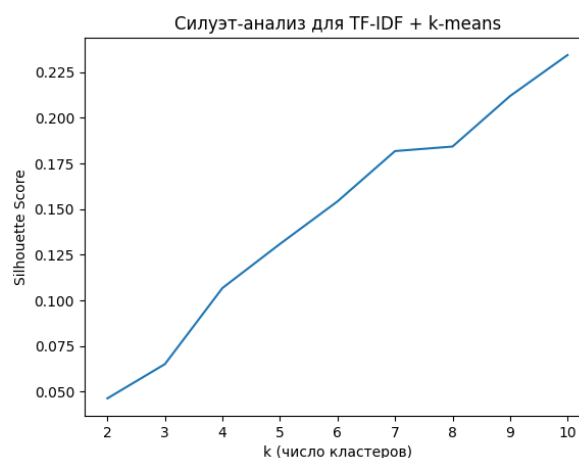


Рис. 2. Силуэт-коэффициент TF-IDF при $k = 2-10$

Таблица 1 суммирует значения метрик для трёх моделей векторизации

Таблица 1 Качество кластеризации ($k = 7$)

Модель	Silhouette	Davies–Bouldin
TF-IDF	0,182	2,764
FastText	0,395	0,873
BERT	0,260	1,555

FastText обеспечивает наилучшее сочетание плотности и разделимости кластеров. TF-IDF демонстрирует худшие показатели из-за чувствительности к орфографическим ошибкам и разреженности вектора. Sentence-BERT располагается между ними.

Анализ ключевых слов FastText выявил семантически однородные группы: проблемы производительности, вопросы пользователей, тестовые/некорректные обращения, работа с шаблонами, технические сбои, вопросы интерфейса и повторные жалобы на медленную работу. Примеры ближайших фраз к центроидам Sentence-BERT подтвердили тематику кластеров, но указали на более узкое разнообразие текстов внутри каждой группы.

Высокий силуэт FastText объясняется субсловным представлением, позволяющим агрегировать разноформатные лексемы и смягчать последствия опечаток. BERT, будучи контекстной моделью, выделяет семантику фразы, но страдает от избыточной размерности эмбединга и повторяемости коротких сообщений. TF-IDF остаётся хорошим базовым ориентиром для интерпретации ключевых терминов, однако предъявляет слишком жёсткие требования к точности словоформ.

Практически это означает, что для автоматической маршрутизации обращений службы поддержки оптимальной является связка FastText + k -means с периодическим дообучением на новых данных. Для задач,

где важна обогащённая контекстом информация и планируется последующая классификация, оправдано использование Sentence-BERT как слоя признаков поверх кластерных меток.

К ограничениям относится небольшой объём корпуса (1500 сообщений) и доменная зависимость результатов. В будущем планируется расширить датасет, реализовать инкрементальную кластеризацию и интегрировать метку приоритета в векторное представление.

Сравнительный анализ показал, что модель FastText обеспечивает наилучшее качество кластеризации коротких сообщений службы поддержки по совокупности внутренних метрик. Полученные кластеры корректно отражают проблематику обращений и могут быть напрямую использованы в Telegram-боте для автоматической маршрутизации. В дальнейшем планируется расширить корпус, исследовать гибридные эмбединги и реализовать онлайн-обновление модели.

Библиографический список

1. Кан А. В., Козловская Я. Д., Кадушкин Н. А., Хорошилов А. А. Автоматическая кластеризация документов СМИ на основе анализа их смыслового содержания // Моделирование и анализ данных. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 24–38.
2. Сеницын А. Л., Демидова Н. В. Понятия классификация и кластеризация. Обзор методов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2019. – Т. 17, № 3. – С. 45–58.
3. Раймерс Н., Гуревич И. Sentence-BERT: векторизация предложений на основе сиамских BERT-сетей // arXiv preprint. – 2019. – № arXiv:1908.10084. – URL:

<https://arxiv.org/abs/1908.10084> (дата обращения: 05.04.2025).

4. Руссеу П. Ж. Силуэты: графическое средство для интерпретации и валидации

кластерного анализа // Журнал вычислительной и прикладной математики. – 1987. – Т. 20. – С. 53–65.

Информация об авторах

Тургунова Алсу Рустамовна – студент магистр факультета прикладной математики, информатики и механики (ПММ), Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1), тел.: +7-908-788-16-75, e-mail: alsu.turgunova@mail.ru

Аснина Наталия Георгиевна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), email: andrey050569@yandex.ru

Information about the author

Turgunova Alsu Rustamovna – master's student of the Faculty of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics (AMM), Voronezh State University (1, University Square, Voronezh, 394018, Russia), tel.: +7-908-788-16-75, e-mail: alsu.turgunova@mail.ru

Asnina Natalia Georgievna – Ph. D. in Engineering, Associate Professor and Head of the Department of Management Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: andrey050569@yandex.ru

УДК 004.9

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕДОБРАБОТКИ ТЕКСТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КОРОТКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СООБЩЕНИЙ

А.Р. Тургунова¹, Н.Г. Аснина²

¹*Воронежский государственный университет*

²*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: Статья посвящена применению трёх моделей векторизации – TF-IDF, FastText и Sentence-BERT – для автоматической группировки коротких тикетов службы поддержки. На корпусе из русскоязычных сообщений исследовано влияние шести уровней предобработки, от базовой очистки до корректировки опечаток и лемматизации. Проведён сравнительный анализ качества кластеризации по метрикам Silhouette Score и индексу Дэвиса–Боулдина.

Ключевые слова: кластеризация коротких текстов, TF-IDF, FastText, Sentence-BERT, предобработка текста, Silhouette Score, Davies–Bouldin.

THE IMPACT OF TEXT PREPROCESSING QUALITY ON THE EFFECTIVENESS OF SHORT USER MESSAGE CLUSTERING

A.R. Turgunova¹, N.G. Asnina²

¹*Voronezh state University*

²*Voronezh state technical University*

Abstract: The paper evaluates three text-vectorisation models – TF-IDF, FastText and Sentence-BERT – for automatic clustering of short customer-support tickets. Using a Russian-language corpus, the study tests six preprocessing levels, from basic cleaning to spell-correction and lemmatisation. Clustering quality is compared with the Silhouette Score and Davies–Bouldin index.

Keywords: short-text clustering; TF-IDF; FastText; Sentence-BERT; text preprocessing; Silhouette Score; Davies–Bouldin.

С развитием цифровых систем возрастает необходимость в интеллектуальной обработке коротких неструктурированных текстов, характерных для обращений пользователей в службу технической поддержки. В условиях высокой нагрузки возрастает потребность в автоматизации маршрутизации сообщений, что требует понимания их скрытой семантической структуры. Одним из подходов к решению данной задачи является кластеризация – группировка сообщений по тематической близости без использования размеченных данных.

Однако результативность кластеризации зависит от двух критически важных факторов: способа представления текста в числовом виде и глубины его предварительной обработки. Представление текста в виде векторов может быть реализовано на основе частотных характеристик (TF-IDF), подсловных эмбедингов (FastText) и контекстуальных моделей на трансформерах (Sentence-BERT). Каждая из моделей предъявляет различные требования к качеству входных данных и по-разному справляется с синтаксическим и лексическим шумом.

Настоящее исследование направлено на эмпирическую оценку эффективности указанных моделей в контексте кластеризации русскоязычных коротких сообщений. Мы рассматриваем шесть уровней предобработки и оцениваем их влияние на качество кластеров по четырём метрикам. В

работе используется корпус из более 5000 сообщений, охватывающих основные сценарии взаимодействия с цифровыми медицинскими сервисами.

Цель исследования – выявить наиболее устойчивую комбинацию «векторизация + предобработка», обеспечивающую семантически интерпретируемую кластеризацию при ограниченных вычислительных ресурсах.

Корпус включает 5 000 тикетов, поступивших в техническую поддержку медицинского программного обеспечения. Средняя длина одного сообщения составила 11,3 слова при стандартном отклонении 4,6. Более 76 % лексики корпуса составляют доменно-специфические термины. 3 % токенов содержат опечатки. Разделение на обучающую и тестовую выборки производилось в пропорции 80:20 с использованием кросс-валидации.

В рамках исследования реализованы шесть уровней предобработки текста. Процедуры включают регулярную очистку, удаление стоп-слов (включая специфичные обращения пользователей), коррекцию орфографических ошибок по частотному словарю, лемматизацию с помощью *ru-morphy3*. Все этапы реализованы как независимые модули. Полный набор стратегий приведён в таблице 1. Дополнительно измерялись временные затраты на выполнение каждого этапа (таблица 2), что важно для оценки применимости в системах реального времени.

Таблица 1 Этапы предобработки текста, применяемые в эксперименте

№ п/п	Этапы предобработки текста	Условное обозначение	Пример преобразования фразы	Относительное время обработки
1	Без обработки	raw	Не могу записать пациента → Не могу записать пациента	1,0×

№ п/п	Этапы предобработки текста	Условное обозначение	Пример преобразования фразы	Относительное время обработки
2	Приведение к нижнему регистру, удаление спецсимволов, нормализация пробелов	basic_clean	Не могу записать пациента	1,1×
3	basic_clean + удаление стоп-слов (NLTK + доменные)	+stopwords	могу записать пациента	1,2×
4	basic_clean + исправление опечаток (SymSpell, расстояние ≤ 2)	+spell	пациента → пациента	1,5×
5	basic_clean + лемматизация (pymorphy3)	+lemma	не мочь записать пациент	1,6×
6	basic_clean + spell + lemma + stopwords	full_preproc	мочь записать пациент	2,3×

Таблица 2 Среднее время предобработки одного сообщения в зависимости от применяемых этапов

№ п/п	Этапы предобработки текста	Условное обозначение	Время на 1000 сообщений, с	Относительно базового варианта
1	Без обработки	raw	0,46	1,00×
2	Базовая очистка	basic_clean	0,52	1,13×
3	+ удаление стоп-слов	+stopwords	0,58	1,26×
4	+ исправление опечаток	+spell	0,87	1,89×
5	+ лемматизация	+lemma	0,93	2,02×
6	Полная обработка	full_preproc	1,06	2,30×

В Таблице 2 приведены усреднённые значения времени предобработки 1000 сообщений на CPU-инстансе Google Colab. Измерения проводились в три прогона; среднее отклонение по времени составило менее 5 %. Значения округлены до сотых долей секунды и нормированы относительно базового варианта (raw).

Для получения векторных представлений текста использованы три модели:

- TF IDF: uni и би-граммы, max_features = 3000, min_df = 3;

- FastText: 100-мерные эмбединги, обученные на полном корпусе;

- Sentence BERT: мультязычная модель paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2, размерность 384, mean-пулинг.

Основным алгоритмом кластеризации выбран k-means с параметром $k = 7$, обоснованным методами локтя и максимизации силуэта. Дополнительно тестировались Agglomerative Clustering и HDBSCAN, однако они уступили по показателям интерпретируемости и устойчивости. Все модели и результаты воспроизводимы.

Для оценки качества кластеризации использовались четыре метрики: Silhouette Score (s), индекс Дэвиса–Боулдина (DB),

Calinski–Harabasz (CH) и интерпретируемость (доля лемм, покрывающих $\geq 50\%$ кластера). Проверка значимости различий

между кластерами выполнялась с помощью критерия Манна–Уитни.

Таблица 3 Качество кластеризации ($k = 7$)

Модель	Обработка	Silhouette	DB
TF-IDF	basic_corrected	0,1069	3,6094
TF-IDF	full_preprocessing	0,0871	3,3072
FastText	full_preprocessing	0,3720	0,9603
Sentence-BERT	full_preprocessing	0,1664	2,0958

FastText при полной предобработке продемонстрировал наивысшее качество кластеризации (таблица 3). TF-IDF показал чувствительность к лексическим искажениям. Sentence BERT оказался устойчив к шуму, но уступил FastText по всем метрикам.

Проведённое исследование демонстрирует существенную разницу в устойчивости моделей векторизации к лексическим и синтаксическим искажениям в тексте. Классическая модель TF-IDF, основанная на частотном представлении, оказалась наиболее чувствительной к структуре и качеству входных данных. Напротив, FastText благодаря использованию субсловных векторов эффективно справляется с опечатками и редкими словами, обеспечивая стабильную кластеризацию даже при наличии шума.

Sentence BERT, являясь контекстуальной трансформерной моделью, показал умеренную устойчивость, однако его эффективность ограничивается объёмом и однородностью корпуса. Результаты подтверждают, что при анализе коротких пользовательских сообщений, содержащих орфографические ошибки и жаргонизмы, FastText остаётся наиболее надёжным решением при разумных затратах на предобработку и

обучение.

Комплексный анализ показал, что сочетание глубокой предобработки текста и субсловной векторизации FastText обеспечивает наилучший результат в задаче кластеризации коротких пользовательских сообщений. При этом важную роль играют не только технические характеристики моделей, но и стратегия подготовки текстов. Полученные результаты могут быть использованы при разработке интеллектуальных систем поддержки пользователей и информационных панелей в бизнес-приложениях. Методология воспроизводима и может быть расширена на другие языки и домены.

Библиографический список

1. Кан А. В., Козловская Я. Д., Кадушкин Н. А., Хорошилов А. А. Автоматическая кластеризация документов СМИ на основе анализа их смыслового содержания // Моделирование и анализ данных. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 24–38.
2. Сеницын А. Л., Демидова Н. В. Понятия классификация и кластеризация. Обзор методов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2019. – Т. 17, № 3. – С. 45–58.

3. Раймерс Н., Гуревич И. Sentence-BERT: векторизация предложений на основе сиамских BERT-сетей // arXiv preprint arXiv:1908.10084. – 2019. – URL: <https://arxiv.org/abs/1908.10084> (дата обращения: 05.04.2025).

4. Миколов Т., Грейв Э., Бояновский П., Жулиан А. Развитие предварительного обучения распределённых представлений слов // arXiv preprint arXiv:1712.09405. – 2017. – URL: <https://arxiv.org/abs/1712.09405> (дата обращения: 05.04.2025).

Информация об авторах

Тургунова Алсу Рустамовна – студент магистр факультета прикладной математики, информатики и механики (ПММ), Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1), тел.: +7-908-788-16-75, e-mail: alsu.turgunova@mail.ru

Аснина Наталия Георгиевна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), email: andrey050569@yandex.ru

Information about the author

Turgunova Alsu Rustamovna – master's student of the Faculty of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics (AMM), Voronezh State University (1, University Square, Voronezh, 394018, Russia), tel.: +7-908-788-16-75, e-mail: alsu.turgunova@mail.ru

Asnina Natalia Georgievna – Ph. D. in Engineering, Associate Professor and Head of the Department of Management Systems and Information Technologies in Construction, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: andrey050569@yandex.ru

УДК 519.86

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ

Т.В. Азарнова¹, С.Е. Щеглова¹

¹*Воронежский Государственный университет*

Аннотация: В работе рассматривается задача оптимизации распределения персонала по программам корпоративного обучения с учётом ограничений и требований к достижению ключевых показателей эффективности. Предложена математическая модель в виде задачи целочисленного линейного программирования, описаны методы её решения: метод ветвей и границ и генетический алгоритм. Проведён сравнительный анализ эффективности указанных методов в зависимости от размерности задачи.

Ключевые слова: корпоративное обучение, оптимизация ресурсов, целочисленное программирование, метод ветвей и границ, генетический алгоритм.

STUDY OF THE PROBLEM OF OPTIMAL DISTRIBUTION OF EMPLOYEES ACCORDING TO EDUCATIONAL PROGRAMS

T.V. Azarnova¹, S.E. Shcheglova¹

¹*Voronezh State University*

Abstract: The article considers the problem of optimizing the distribution of personnel across corporate training programs, taking into account resource constraints and requirements for achieving key performance indicators. A mathematical model in the form of an integer linear programming problem is proposed, and the choice of its solution methods is substantiated: the exhaustive search method, the branch and bound method, and the genetic algorithm. A comparative analysis of the effectiveness of these methods is carried out depending on the problem dimension

Keywords: corporate training, resource optimization, integer programming, branch and bound method, genetic algorithm

Введение. В современных организациях повышение квалификации персонала

является ключевым фактором конкурентоспособности и достижения стратегических

целей. Эффективное планирование корпоративного обучения требует учета ограничений ресурсов и адаптации к изменениям рыночной среды[1]. Развитие персонала представляет собой сложную задачу, включающую взаимосвязь между сотрудниками разного уровня подготовки и их конкретными задачами в подразделении, таким образом, для каждого сотрудника определяется индивидуальный набор программ обучения, различающихся по содержанию, длительности и ожидаемому эффекту на развитие профессиональных характеристик.

Планирование обучения осуществляется на конечное число периодов с учетом ограничений организационно-экономического характера - соблюдения бюджета и производственных графиков, можно утверждать, что формализация задачи позволяет перейти к математическому описанию процесса и построению оптимальных планов обучения на основе количественного анализа[2]. Таким образом, задача сводится к формированию оптимального плана распределения сотрудников по программам обучения в условиях ограничений на качество работы, переработки, стоимость и бюджет.

Математическая модель задачи

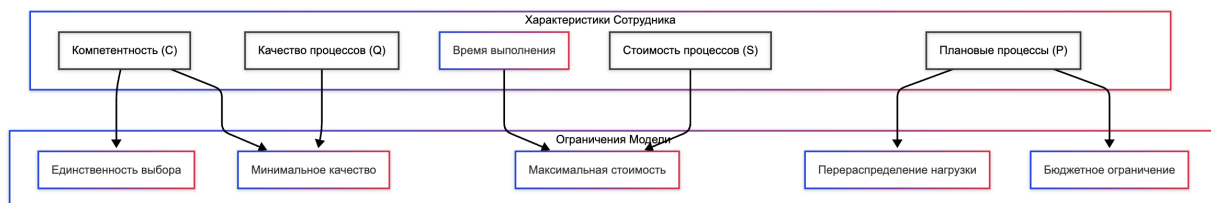


Рис. 1. Структура математической модели распределения программ обучения: взаимосвязь характеристик сотрудников и ограничений системы

На диаграмме представлены взаимосвязи между характеристиками

оптимизации обучения персонала. В рамках данной работы задача оптимального распределения сведена к задаче целочисленного линейного программирования (ЦЛП). Этот подход широко используется в прикладной оптимизации, когда требуется выбрать наилучшее решение из дискретного множества допустимых альтернатив при наличии линейных ограничений. Методология ЦЛП включает следующие ключевые элементы: дискретные переменные решения, линейную целевую функцию и систему линейных ограничений. В контексте оптимизации распределения обучения рассматривается следующая формализация:

– исходные данные модели включают множество сотрудников m и множество возможных программ обучения p , где каждое потенциальное назначение "сотрудник-программа" моделируется бинарной переменной $x_{ij} \in \{0,1\}$, где 1 означает назначение программы j сотруднику i , а 0 - её отсутствие,

– целевая функция имеет вид: $\sum_{i=1..m} \sum_{j=1..p} w_{ij} x_{ij}$, где w_{ij} представляет собой коэффициент полезности назначения программы j сотруднику i , отражающий ожидаемый прирост компетентности и эффективности работы.

сотрудников и ограничениями оптимизационной модели. Стрелки отражают влияние

каждой характеристики на соответствующее ограничение. В частности, компетентность сотрудников (С) влияет как на ограничение единственности выбора — поскольку развитие компетентности является основной целью обучения, — так и на ограничение минимального качества выполнения процессов, где более компетентные сотрудники обеспечивают более высокий уровень исполнения.

Фундаментальным элементом модели является ограничение единственности выбора. Оно отражает условие, согласно которому каждый сотрудник может пройти не более одной программы обучения за плановый период, данная постановка задачи обусловлена необходимостью полного вовлечения в процесс обучения, временным отрывом от выполнения рабочих обязанностей и потребностью в рациональном перераспределении нагрузки внутри коллектива. Формализация данного ограничения предполагает контроль за количеством назначений программ каждому сотруднику: сумма всех назначений не должна превышать единицы. Ограничение минимального качества выполнения процессов обеспечивает поддержание требуемого уровня стабильности работы подразделения. В рамках модели требуется, чтобы после завершения обучения среднее качество выполнения процессов по группе сотрудников оставалось не ниже установленного порога. В расчет принимаются индивидуальные приросты качества, достигаемые благодаря прохождению образовательных программ, это ограничение позволяет сохранять баланс между развитием отдельных сотрудников и коллективной эффективностью. Контроль максимальной стоимости выполнения процессов направлен на соблюдение принципов финансовой

эффективности. После завершения обучения средняя стоимость выполнения процессов в каждой группе не должна превышать заданного значения. Это особенно важно в условиях ограниченного бюджета организации и ориентировано на оптимизацию затрат при достижении целей обучения. Ограничение перераспределения нагрузки устанавливает допустимый предел увеличения рабочего времени сотрудников, замещающих коллег, находящихся на обучении. В модели допускается переработка не более 30% от планового фонда рабочего времени. Соблюдение данного условия необходимо для предотвращения падения производительности и поддержания операционной устойчивости, особенно в крупных подразделениях. Бюджетное ограничение определяет финансовые рамки процесса обучения. Использование средств специального фонда требует, чтобы совокупные затраты на обучение, включая как прямые расходы на программы, так и косвенные издержки, связанные с временным освобождением сотрудников от рабочих обязанностей, не превышали выделенного бюджета. Это стимулирует к такому подбору программ, который обеспечивает наибольший прирост компетентности при минимальных ресурсных затратах.

Данная модель позволяет комплексно оценивать влияние обучения на деятельность сотрудников и формировать стратегию развития персонала с учетом ресурсных ограничений.

Анализ методологического подхода к решению задач оптимизации распределения персонала. Данный анализ требует рассмотрения различных алгоритмических стратегий. Метод полного перебора характеризуется способностью гарантированно находить глобальный оптимальный

вариант решения, что достигается за счет анализа всех возможных комбинаций назначений программ сотрудникам. Однако вычислительная сложность данного метода растет экспоненциально с увеличением размерности задачи, что ограничивает его применение задачами малой размерности [3].

Метод ветвей и границ представляет собой модифицированную версию полного перебора, основанную на принципе построения дерева решений с последующим отсечением нерентабельных ветвей на основе оценок двойственной задачи [4]. Такой подход позволяет эффективно сокращать пространство поиска при сохранении гарантированного нахождения точного решения, что делает его пригодным для обработки задач средней размерности.

Класс эволюционных методов оптимизации включает генетические алгоритмы, которые демонстрируют эффективность при получении качественных приближенных решений задач большой размерности [5]. Применение этих алгоритмов обосновано в ситуациях, когда использование строгих методов становится вычислительно нецелесообразным из-за ограничений временных или ресурсных характеристик.

Выбор конкретного метода решения определяется размерностью исходной модели и требованиями к точности получаемого результата. Для задач малой размерности (до 15 сотрудников и программ) рекомендуется применение метода полного перебора, который обеспечивает получение точного эталонного решения, пригодного для последующей верификации других методов. Метод ветвей и границ демонстрирует наибольшую эффективность при решении задач средней размерности (до 50 сотрудников и программ), обеспечивая

строгую оптимальность решений при разумных затратах вычислительных ресурсов. Генетический алгоритм показывает свою целесообразность применительно к задачам крупного масштаба, когда размерность модели превышает возможности строгих методов, позволяя быстро получить качественное приближенное решение, удовлетворяющее корпоративным требованиям.

Заключение. В работе предложена математическая модель оптимального распределения сотрудников по программам обучения с учетом ограничений качества, бюджета и переработки. Модель обеспечивает количественную оценку влияния обучения на эффективность персонала и производственные процессы. Анализ применимости различных методов решения — полного перебора, метода ветвей и границ и генетического алгоритма — позволяет выбирать оптимальную стратегию в зависимости от размерности задачи и требований к точности. Результаты работы обладают практической значимостью для корпоративных систем планирования обучения, направленных на эффективное использование ресурсов и развитие компетенций персонала.

Библиографический список

1. Иванова-Швец Л. Н. Управление персоналом / Л. Н. Иванова-Швец, А. А. Корсакова, С. Л. Тарасова. — М.: Изд. центр ЕАОИ, 2008. — 164 с.
2. Магура М. И. Современные персонал-технологии / М. И. Магура, М. Б. Курбатова. — М.: ЗАО «Бизнес-школа "Интел-Синтез"», 2001. — 237 с.
3. Алексеев О. Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. — М.: Наука, 1987. — 15 с.

4. Мельников Б. Ф., Мельникова Е. А. О классической версии метода ветвей и границ // Коммуникации и информатизация образования (КИО). – 2021. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o->

klassicheskoy-versii-metoda-vetvey-i-granits (дата обращения: 02.05.2025).

5. Авдеев А. А. Применение генетических алгоритмов к задачам оптимизации // Доклады ТУСУР. – 2008. – № 2-1 (18).

Информация об авторах

Азарнова Татьяна Васильевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1), e-mail: ivdas92@mail.ru .

Щеглова София Евгеньевна – магистрант 2 курса факультета прикладной математики, информатики и механики, кафедры математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1), e-mail: sofya.shcheglova.99@mail.ru.

Information about the author

Azarnova Tatyana Vasilyevna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University (394018, Russia, Voronezh, Universitetskaya sq., 1), e-mail: ivdas92@mail.ru .

Shcheglova Sofia Evgenyevna – 2nd year Master's student of the Faculty of Applied Mathematics, Computer Science and Mechanics, Department of Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University (394018, Russia, Voronezh, Universitetskaya sq., 1), e-mail: sofya.shcheglova.99@mail.ru.

УДК 004.942:551.509.57

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ФОТО И ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОЧТИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

А.В. Калач¹, А.А. Парамонов¹, В.И. Трушина¹

¹*МИРЭА – Российский технологический университет*

Аннотация: Описана методика обработки и анализа спутниковых данных тропических циклонов, направленная на выявление почти периодических характеристик их структуры. Предложенный подход позволяет обрабатывать изображения, определять центр циклона, выполнять преобразование в полярные координаты и классифицировать зоны опасности.

Ключевые слова: тропический циклон, циклоническая опасность, обработка изображений, почти периодический анализ.

THE METHODOLOGY OF PROCESSING AND ANALYZING SATELLITE PHOTO AND VIDEO IMAGES OF TROPICAL CYCLONES TO IDENTIFY ALMOST PERIODIC CHARACTERISTICS

A.V. Kalach¹, A.A. Paramonov¹, V.I. Trushina¹

¹*MIREA – Russian Technological University*

Abstract: The article is devoted to the methodology of processing and analyzing satellite images of tropical cyclones to identify almost periodic characteristics of their structure. The proposed approach makes it possible to process images, determine the center of a cyclone, convert to polar coordinates, and classify danger zones.

Keywords: tropical cyclone, cyclonic hazard, image processing, almost periodic analysis.

В результате влияния множества факторов, таких как рост населения, глобализация и изменение климата, человечество

становится все более уязвимым к природным и техногенным катастрофам. Изменение климата представляет собой

повышение температуры воздуха, что влияет на различные природные процессы.

Следует отметить, что согласно мировой статистике, частота и интенсивность чрезвычайных ситуаций (ЧС), имеющих неблагоприятные последствия, значительно возросли за последние десятилетия [1, 2]. Программный комплекс позволяет осуществлять обработку и анализ медиаданных и временных рядов. Известно, что климатические изменения оказывают существенное влияние на социально-экологические системы и эффективность их функционирования.

Необходимо отметить, что одной из основных причин возникновения чрезвычайных ситуаций природного происхождения являются тропические циклоны, представляющие собой мощные атмосферные вихри, возникающие в тропических и субтропических широтах над тёплыми водами океанов. Основными разрушительными факторами, которыми обладает такой циклон – это шквалистый ветер и заливные дожди, представляющие серьёзную угрозу для жизни и безопасности людей и способные наносить структурный ущерб любым конструкциям инфраструктуры, особенно, в прибрежных регионах [3-5].

В связи с этим, возникает необходимость совершенствования существующей научно-методической базы для оценки устойчивости систем жизнеобеспечения населения и планирования мер по её повышению в условиях чрезвычайных ситуаций. Это возможно за счёт внедрения современных и более эффективных методов прогнозирования динамики развития ЧС, обусловленных опасными природными процессами, такими как тропические циклоны. [6]

Эффективное использование и обслуживание современных инструментов

анализа слабоструктурированных данных, а также технологий мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (например, геоинформационных систем), требует грамотного и комплексного сочетания институциональных и человеческих ресурсов. Следует отметить, что современные методы численного моделирования хорошо зарекомендовали себя при решении задач прогнозирования возникновения и развития опасных природных явлений в мире. Рис. 1 иллюстрирует диаграмму, демонстрирующую составные элементы реализованного программного комплекса [7].

Программные модули, реализующие идентификацию повторяющихся значений при анализе временных рядов, обеспечивают загрузку данных из файлов формата *xlsx* с локального устройства, удаление трендовой составляющей, сохранение результатов в формате *pru*, построение сдвиговой функции для выявления почти периодов, а также сохранение вычисленных значений в тех же файлах формата *pru*.

Методика обработки и анализа спутниковых фото- и видеоматериалов тропических циклонов, направленная на выявление почти периодических характеристик, включает следующие этапы (рис. 2).

Сперва необходимо определить формат обрабатываемых данных. В случае видеоряда первым этапом происходит кадрирование исследуемого видеоряда. Полученная последовательность в ходе кадрирования или в случае, если исходный формат данных для обработки представлен такой последовательностью, покадрово обрабатывается и анализируется на предмет наличия почти периодических значений в структуре тропического циклона на изображении [8].

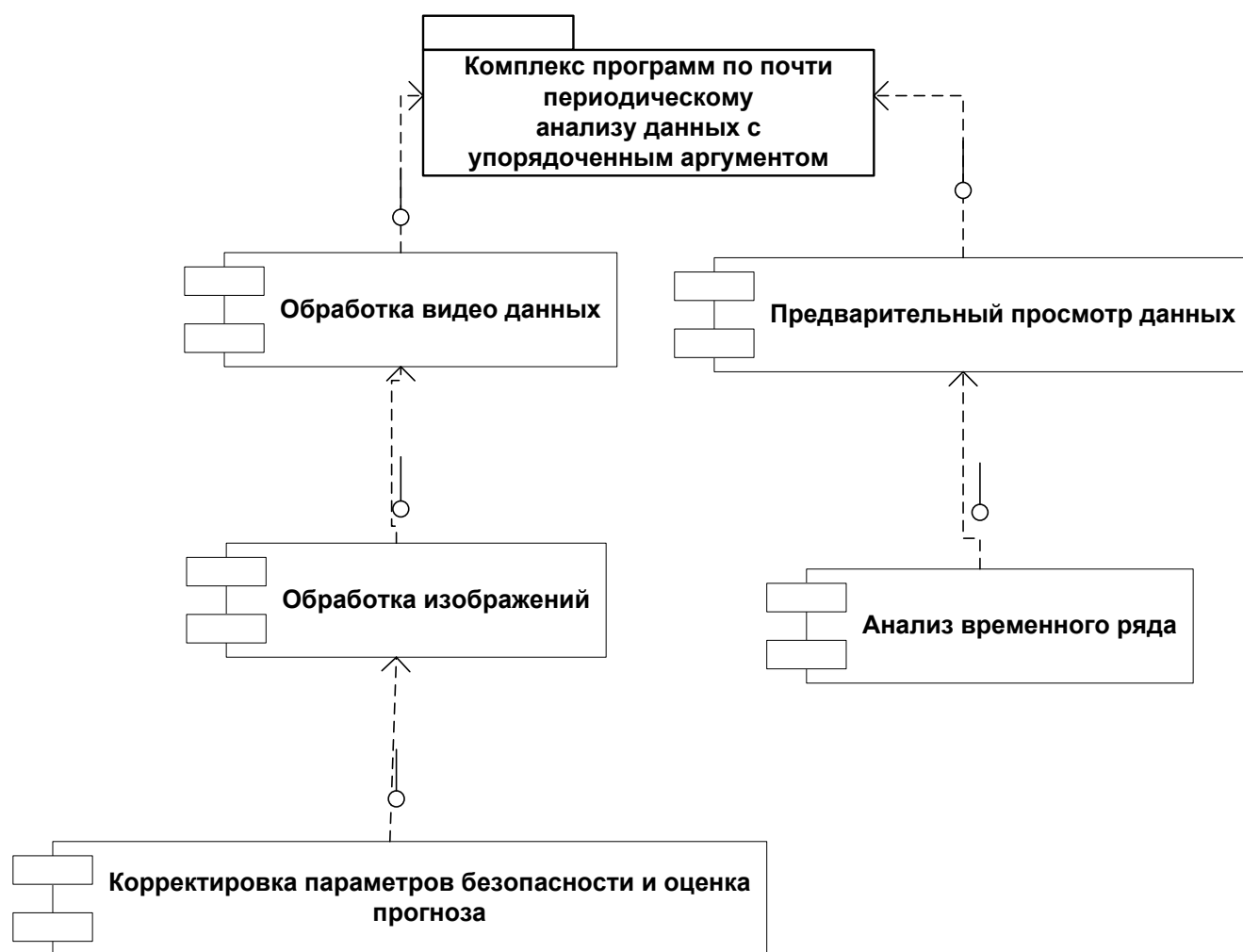


Рис. 1. Диаграмма компонентов программного комплекса

Каждый кадр перед обработкой обобщённой сдвиговой функцией переводится в чёрно-белый формат. Полученные изображения представляют собой матрицу пикселей, которые принимают значения от 0 до 255. Размер преобразованного изображения составляет 500x500 пикселей.

Следующим этапом происходит определение центра тропического циклона на изображении и дальнейшее преобразование кадра в полярные координаты. Данное преобразование выбрано в качестве первого приближения развёртки центрической структуры тропических циклонов для возможности применения почти

периодического анализа к полученным значениям модулей радиус-векторов при фиксированных значениях полярных углов для выявления критических радиусов зон структуры циклонов [9].

Последующая поочерёдная обработка векторов значений при фиксированных полярных углах функцией позволяет получить набор матриц результатов обобщённых сдвиговых функций для каждого среза изображения [10]. Анализируя полученные минимумы каждой обобщённой сдвиговой функции, сопоставляются найденные значения почти периодов каждого среза изображения в полярных координатах, и

совпадающие значения принимаются за характерные почти периоды структуры

тропического циклона на обрабатываемом изображении.

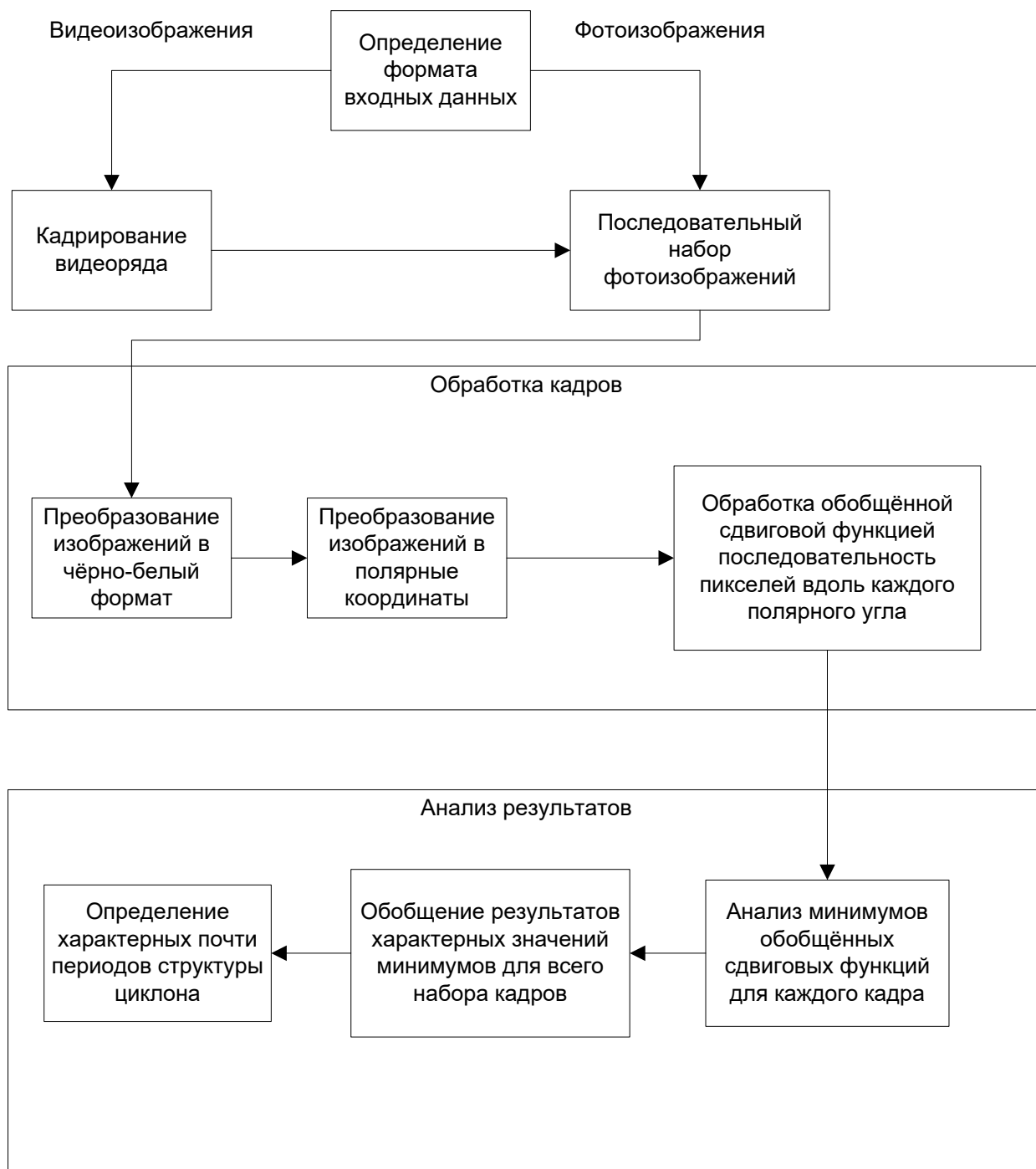


Рис. 2. Методика обработки и анализа спутниковых фото- и видеоизображений тропических циклонов

Обобщение результатов анализа всех кадров структуры исследуемого тропического циклона позволяет выделить ключевые устойчиво повторяющиеся

характеристики, определяющие динамику его пространственно-временной организации.

Таким образом, методика

прогнозирования динамики развития тропических циклонов на основе почти периодического анализа спутниковых изображений позволяет осуществлять прогнозную оценку динамики развития структуры тропических циклонов на основе выявленных почти периодов и классифицированных зон опасностей на ранних этапах развития тропических циклонов.

На основе выявленных в результате анализа почти периодов, исходное изображение размечается окружностями с радиусами кратными выявленным почти периодам. Центральная зона кадра тропического циклона, занимающая, как правило, области первой-второй зональных окружностей, классифицируется особо опасной зоной. Зоны следующих двух-трёх окружностей, количество зависит от значения почти периода, на основе которого они строятся, занимающие большую часть кадра структуры тропического циклона, классифицируется как опасные зоны. Оставшиеся зоны на кадре структуры тропического циклона являются зонами повышенного наблюдения.

Библиографический список

1. Илющенко, А. А. Современная статистика чрезвычайных ситуаций и возможности её применения для мониторинга и прогнозирования в оценках экспертов / А. А. Илющенко, А. А. Дашин // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". – 2024. – № 33-1. – С. 200-211.
2. Бережной, Д. А. Информационно-аналитическая модель прогнозирования возникновения опасных метеоусловий для оповещения населения / Д. А. Бережной, С. Ю. Бутузов // Технологии техносферной безопасности. – 2023. – Т. 99 – № 1. – С. 103-113. – DOI 10.25257/TTS.2023.1.99.103-113.
3. Верятин, В. Ю. Мониторинг тропических циклонов, оказывающих влияние на Дальневосточные регионы России / В. Ю. Верятин, А. С. Дьяков // Гидрометеорология и образование. – 2023. – № 1. – С. 43-51.
4. Юровская, М. В. Набор данных о ветре и волнении для изучения тропических циклонов / М. В. Юровская // Морской гидрофизический журнал. – 2023. – Т. 39, № 2(230). – С. 220-233. – DOI 10.29039/0233-7584-2023-2-220-233.
5. Ярошевич, М.И. Некоторые особенности динамики циклонической и сейсмической активности в северо-западной части Тихого океана / М.И. Ярошевич // Доклады АН. – 2008. – Т. 420, № 5. – С. 674-678.
6. Арефьева, Е. В. Подход к оценке показателей устойчивости систем жизнеобеспечения населения / Е. В. Арефьева, Ю. В. Прус, А. С. Котосонов // Технологии гражданской безопасности. – 2024. – Т. 21, № 4(82). – С. 40-46.
7. Калач, А. В. Онтологическая модель почти периодического анализа данных с упорядоченным аргументом / А. В. Калач, А. А. Парамонов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2025. – № 1. – С. 101-114. – DOI 10.17308/sait/1995-5499/2025/1/101-114.
8. Кузнецова, К.А. Программа полигонального разбиения изображений с объектами нелинейной структуры / К.А. Кузнецова, А.В. Калач, А.А. Парамонов, Т.Е. Смоленцева, Б.А. Крынецкий // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024688034 Российская Федерация.
9. Калач, Е.В. Определение центра тропического циклона с использованием технологий компьютерного зрения / Е.В. Калач, А.А. Парамонов, А.Л. Шкерин, А.В.

Калач, К.А. Кузнецова // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024691277 Российская Федерация.

10. Кузнецова, К.А. Почти периодический анализ нелинейных структур на изображении с использованием полигонального

разбиения / К.А. Кузнецова, А.В. Калач, А.А. Парамонов, Т.Е. Смоленцева, Б.А. Крынецкий // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024688033 Российская Федерация.

Информация об авторах

Калач Андрей Владимирович – доктор химических наук, профессор кафедры прикладной математики, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78), e-mail: a_kalach@mail.ru

Парамонов Александр Александрович – аспирант кафедры прикладной математики, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78), e-mail: paramonov_a_a99@mail.ru

Трушина Вероника Игоревна – студент кафедры прикладной математики, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78), e-mail: trushina_v@mirea.ru

Information about the author

Kalach Andrey Vladimirovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Applied Mathematics, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia), e-mail: a_kalach@mail.ru

Paramonov Alexander Alexandrovich – Postgraduate Student of the Department of Applied Mathematics, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia), e-mail: paramonov_a_a99@mail.ru

Trushina Veronika Igorevna – student of the Department of Applied Mathematics, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia), e-mail: trushina_v@mirea.ru

УДК 004:005.584.1:502/504

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ПОЧТИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.В. Калач^{1,2}, Б.А. Крынецкий², К.А. Кузнецова¹

¹*Воронежский институт ФСИН России*

²*МИРЭА – Российский технологический университет*

Аннотация: Предложен алгоритм исследования лавинной опасности территории, основанный на применении почти периодического анализа линеаризованных данных экспозиции горного хребта. В качестве результатов почти периодического анализа представлены прямоугольные секторы в пространстве линеаризованных данных, разделённые характерными равномерными интервалами.

Ключевые слова: снежная лавина, опасность, почти период, спутниковое изображение

INVESTIGATION OF AVALANCHE DANGER OF TERRITORIES BASED ON ALMOST PERIODIC ANALYSIS OF SATELLITE IMAGES

A.V. Kalach^{1,2}, B.A. Krynetsky², K.A. Kuznetsova¹

¹*Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*

²*RTU-MIREA*

Abstract: An algorithm for studying avalanche hazard in a region is proposed, based on the use of near-periodic analysis of linearized mountain range exposure data. The results of the near-periodic analysis are presented as rectangular sectors in the linearized data space, separated by characteristic uniform intervals.

Keywords: avalanche, danger, almost period, satellite image

В последнее десятилетие в мире постоянно фиксируется всевозрастающее количество зимних осадков в виде экстремальных снегопадов, сопровождающихся дождем, что неизменно приводит к образованию нестабильных слоев снега, значительно увеличивающих вероятность схода лавин. Кроме того, быстрое таяние ледников вследствие глобального изменения климата оказывает негативное влияние на стабильность ледниковых озер и силу сцепления снежного покрова [1, 2].

Российская Федерация занимает огромные территории на суше, включающие широчайшее богатство климатических зон, обладающих соответствующими характерными природными явлениями. Особое внимание с точки зрения обеспечения безопасности необходимо уделять горной местности. В результате воздействия различных погодных условий снежные массы, расположенные на наклонных поверхностях горных склонов, теряют устойчивость, и устремляются под действием гравитации вниз. Ключевыми причинами возникновения неустойчивости снежного покрова зачастую являются превышение критического значения массы, обусловленное обильными осадками либо метелевым снегопереносом, и уменьшение удерживающих сил под действием метаморфоз в физических свойствах снега. [3, 4].

Снежные лавины представляют собой угрозу жизни людей, инфраструктуре и экосистемам в горных районах во всем мире. Развитие туристической активности и хозяйственной инфраструктуры в горной местности напрямую сопряжено с рисками лавинной опасности, что задаёт повышенный спрос на совершенствование методов исследования и прогнозирования лавинной активности. Высокоэффективные методы

анализа лавин обеспечат безопасность жизнедеятельности населения в объектах инфраструктуры горных районов.

Традиционно оценку лавинной опасности проводят с использованием методов наземного наблюдения и анализа исторических данных. При этом, необходимо отметить, что использование детерминированных моделей в прогнозировании снежных лавин предполагает наличие значительных объемов данных и вычислительных мощностей; статистические модели эффективны с вычислительной точки зрения, однако в значительной степени точность такого прогноза зависит от качества и репрезентативности данных; а экспертные методы настолько субъективны, что могут быть приводят к получению невоспроизводимых результатов в различных регионах [5-7].

Таким образом, исследование взаимосвязей рельефа местности со свойствами снежного покрова и метеорологическими параметрами является актуальной научной задачей, направленной на повышение эффективности прогнозирования возникновения и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных сходом лавин.

Традиционным методом исследования такого сложного многофакторного опасного природного явления как снежные лавины служит изучение его в натурных условиях. Оценка степени лавинной активности и опасности, необходимая для безопасной жизнедеятельности людей и объектов инфраструктуры горных территорий, возможна по результатам мониторинга эволюции снежных масс. В связи с этим, для оценки лавинной опасности особый научный интерес представляет совместное использование последних достижений в области дистанционного зондирования и анализа изображений снежного покрова с

использованием методов, и инструментария предиктивной аналитики и визуализации аналитических данных.

Современные технологии записи, передачи и обработки данных позволяют производить огромное число разнородных измерений во времени, что порождает проблемы работы с большими объёмами данных разной степени полноты. Однако многие опасные природные явления носят скоротечный характер, и их регистрация может проходить с потерей данных. Таким образом, исследование опасных природных явлений нередко проводится в условиях неполных и слабоструктурированных данных. Одним из наиболее перспективных подходов по обработке данных с

применением компьютерных технологий является использование методов машинного обучения и технологии искусственного интеллекта. Ключевой задачей, решаемой в данном подходе, становится выявление скрытых закономерностей и прогнозирование опасных природных явлений за адекватное время, достаточное для принятия эффективных мер по минимизации ущерба, обеспеченного исследуемыми явлениями. Эффективный анализ неструктурированных и частично структурированных данных представляет собой сложную задачу, решение которой предполагает использование методов предварительной обработки, в том числе интеграции и преобразования информации [8-10].

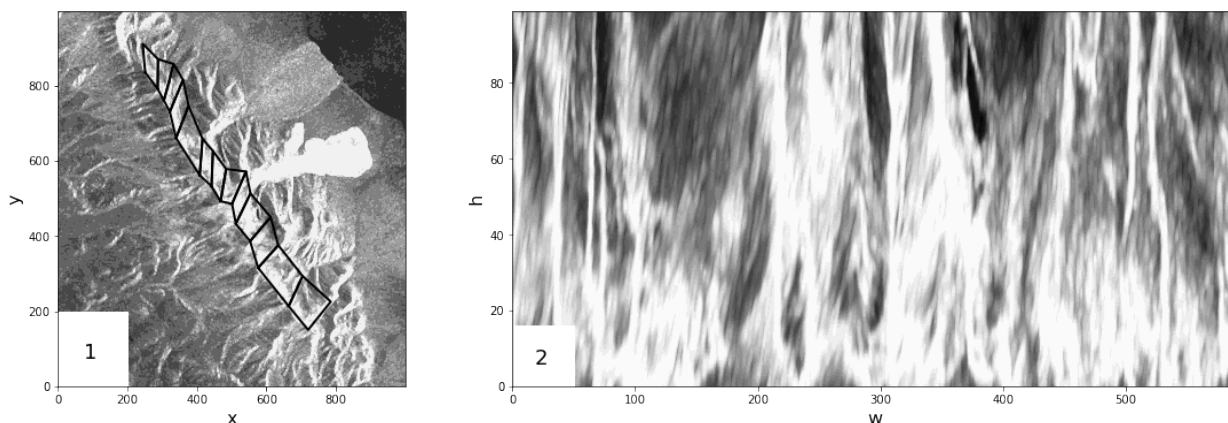


Рис. 1. Пример полигональной линейризации структуры снежного покрова: 1 – разметка сетки полигонов на исследуемом снимке; 2 – структура после линейризации данных

Известно, что по мере увеличения объёма, разнообразия и скорости поступления данных растёт и неопределённость, что приводит к снижению точности и достоверности в результатах прогнозирования и обоснованности принимаемых решений. Почти периодический анализ позволяет преодолеть ограничения в обработке данных по времени и пространству и хорошо зарекомендовал себя при

интеллектуальном поиске закономерностей, неизвестных взаимосвязей, и другой ценной информации в больших данных, которую обнаружить с помощью традиционных инструментов обработки не представлялось возможным.

Исследование структуры лавиноопасной территории позволяет определить характерные участки повышенного риска схода снежной массы (рис. 1).

Однако, как известно, исследование лавинной опасности с использованием аэрофото и космических изображений сопряжено со сложностями, вызванными резкими скачками яркости, связанными с затенённостью областей горных хребтов.

В ходе исследования характерных почти периодов в структуре горного хребта обрабатывается изображение, представленное матрицей яркости пикселей. Для согласования почти периодов со структурой склонов проводилась линейаризация данных на основе ориентации экспозиций склонов. Так получалась матрица линейаризованных данных, чьи строки и столбцы аппроксимировали линии уровня и направления градиента склона.

В таком представлении ритмичные такты линейаризованной структуры определяли полосы единообразного характера снежного покрова, выражающего степень лавинной опасности. Значения почти периодов определялись в согласовании с задаваемыми частотами продольной и поперечной дискретизаций, применяемых в ходе линейаризации.

При этом, из узлы дискретизации, полученные на пересечениях линейаризующих срезов, формировали матрицу значений яркостей пикселей изображения, строки и столбцы которой соответствуют продольным и поперечным сечениям линейаризованной системы вида (1):

$$P_{i,j,r}, i \in [1, \dim(K)], j \in [1..2], r \in [1, \dim(A)], \quad (1)$$

где i – номер полигона; $\dim(K)$ – количество полигонов; j – указатель на сторону полигона (левая/правая); r – номер координаты пространства матрицы A (в рассматриваемом случае принимает значения от 1 до 2).

Почти периодический анализ

подразумевает исследование одномерных упорядоченных на равномерной сетке аргумента рядов. В рамках исследования аргументом выступает номер строки или столбца, исследуемого на существование характерных интервалов единообразного поведения данных.

Почти периодический анализ определяет значения характерных интервалов на основе положений локальных минимумов обобщённой сдвиговой функции. Так, пример разметки локальных минимумов в срезе обобщенной сдвиговой функции в контрольном столбце линейаризованной структуры приводится на графике (рис.2)

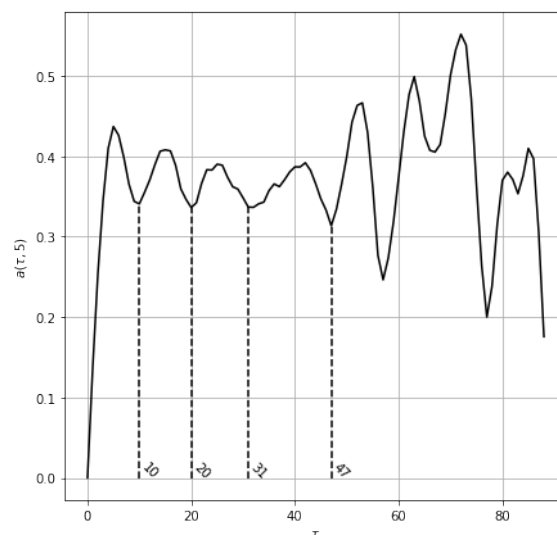


Рис. 2. График контрольного столбца линейаризованной структуры снимка горного хребта с разметкой существенных локальных минимумов

По результатам почти периодического анализа данных образуются интервалы единообразного поведения функции в строках и столбцах матрицы, разделенные равномерно отдалёнными границами, формирующими прямоугольную сетку в пространстве линейаризованных данных (рис. 3).

Отображение сетки единообразного

поведения данных обеспечивает возможность выявления потенциально лавиноопасных участков исследуемой территории, что создаёт основу для разработки и реализации мероприятий по предотвращению или минимизации последствий такого опасного природного явления, как снежные лавины.

На базе предложенного механизма линеаризации данных и обработки спрямлённых данных с применением почти периодического анализа разработан программный продукт для выявления характерных границ лавиноопасных областей в нелинейных структурах на изображениях горных хребтов [11].

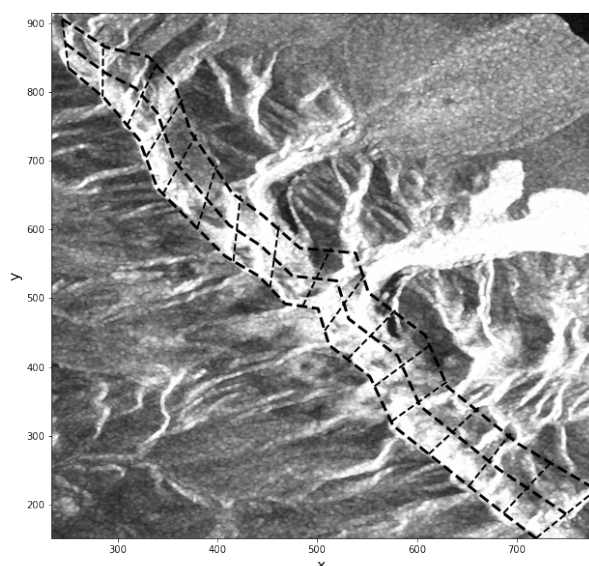


Рис. 3. Пример нанесения разметки лавиноопасных участков по результатам расчётов полупериодов в структуре исследуемого изображения нежного покрова

Библиографический список

1. Bansal J. K., Goswami A., Snehmani, Roy A. Snow avalanche in the Indian Himalayas: Hazard zonation and climate change trends in Kullu region of Himachal Pradesh, India // *Physics and Chemistry of the Earth*,

Parts A/B/C. 2025. V. 138, 103882, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2025.103882>.

2. Schweizer J., Kronholm K., Jamieson J. B., Birkeland K. W. Review of spatial variability of snowpack properties and its importance for avalanche formation // *Cold Regions Science and Technology*. 2008. V. 51, Issues 2-3. P. 253-272, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2007.04.009>.

3. Турчанинова А.С., Сократов С.А., Селиверстов Ю.Г., Комаров А.Ю. Лавинная активность в России в условиях изменяющегося климата // *Вестник Российского фонда фундаментальных исследований*. 2022. № 3-4 (115-116). С. 122-131.

4. Рицинский реликтовый национальный парк. Федерация альпинизма и скалолазания. Снег и лавины в горах. Прогноз и безопасность. Гудайта: РРНИ, 2024. 36 с.

5. Barbolini M., Keylock, C. A new method for avalanche hazard mapping using a combination of statistical and deterministic models // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2002. V. 2. P. 239-245, <https://doi.org/10.5194/nhess-2-239-2002>.

6. Singh A., Ganju A. A supplement to nearest-neighbour method for avalanche forecasting // *Cold Regions Science and Technology*. 2004. V. 39, Issues 2-3. P. 105-113, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2004.03.005> Choubin B., Borji M., Mosavi A., Sajedi-Hosseini F., Singh V. P., Shamsirband Sh. Snow avalanche hazard prediction using machine learning methods // *Journal of Hydrology*. 2019. V. 577. 123929, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.123929>.

7. Chen M., Mao S., Liu Y. Big data: survey // *Mobile Netw Appl*. 2014. V. 19(2). P. 171-209.

8. Jaseena K.U., David J.M. Issues, challenges, and solutions: big data mining // Comput Sci Inf Technol (CS & IT). 2014. V. 4. P. 131–40.

9. Tsai C.W., Lai C.F., Chao H.C., Vasilakos A.V. Big data analytics: a survey // J Big Data. 2015. V. 2(1). P. 21.

Кузнецова К. А., Калач А. В., Парамонов А. А., Смоленцева Т. Е., Крынецкий Б. А. Программа полигонального разбиения изображений с объектами нелинейной структуры // свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024688034.

Информация об авторах

Калач Андрей Владимирович – доктор химических наук, профессор кафедры прикладной математики, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78), e-mail: a_kalach@mail.ru

Крынецкий Борис Алексеевич – аспирант кафедры прикладной математики, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78), e-mail: boriskr1998@mail.ru

Кузнецова Карина Андреевна – курсант четвертого курса инженерно-технического факультета, Воронежский институт ФСИН России (394072, Россия, г. Воронеж, ул. Иркутская, 1а), e-mail: karina.kuzneczova.2003@bk.ru

Information about the author

Kalach Andrey Vladimirovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Applied Mathematics, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia), e-mail: a_kalach@mail.ru

Krynetsky Boris Alekseevich – Postgraduate Student of the Department of Applied Mathematics, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia), e-mail: boriskr1998@mail.ru

Karina A. Kuznetsova – Fourth-Year Cadet of the Faculty of Engineering and Technology, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia (1a, Irkutskaya St., Voronezh, 394072, Russia), e-mail: karina.kuzneczova.2003@bk.ru

УДК 004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛЕТА ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ

М.Р. Короленко¹, В.А. Ветохина¹, М.В. Трофимчук²

¹*Воронежский государственный технический университет*

²*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

Аннотация: Статья посвящена описанию результатов моделирования разлета поражающих элементов авиационных средств поражения с целью дальнейшего исследования воздействия средств поражения на конструкцию самолета в интересах проведения оценки его боевой живучести

Ключевые слова: математическое моделирование, конструкция самолета, боевая живучесть, средство поражения, поражающий элемент, модель разлета, вектор скорости

MODELING OF SCATTERING OF DAMAGING ELEMENTS OF AVIATION WEAPONS

M.R. Korolenko¹, V.A. Vetohina¹, M.V. Trofimchuk²

¹*Voronezh state technical University*

²*Military Educational and Scientific Center of the Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin*

Abstract: The article describes the results of modeling the effects of weapons on the aircraft construction in the interest of assessing its combat survivability

Keywords: model, combat survivability, damage tolerance, weapon, striking element

В достижении высокой боевой эффективности самолетов важную роль играет повышение их выживаемости как способность выполнять поставленные боевые задачи в условиях противодействия средств поражения. Важной составляющей выживаемости является боевая живучесть, которая характеризуется способностью самолета продолжать полет в соответствии с заданием после непосредственного воздействия по нему средств поражения [1].

При воздействии средств поражения самолет может получить боевые повреждения. Под воздействием средств поражения понимается действие по самолету поражающих факторов средств поражения. Оно подразделяется на: фугасное, осколочное, ударное или пробивное действие, зажигательное действие.

В рамках данного исследования изучается, прежде всего, осколочное действие средств поражения. В рамках данной работы проведено моделирование поведения поражающих элементов средств поражения. Разработанная модель в дальнейшем может быть использована для исследования повреждающего воздействия поражающих элементов средств поражения на конструкцию самолета.

В разработанной математической модели приняты следующие допущения: все осколки имеют одинаковую, заранее задаваемую начальную скорость разлета, траектория осколков прямолинейна, скорость осколков не изменяется.

Модель разлета осколков основана на математическом описании траектории полета осколка, которая описывается уравнением прямой, проходящей через две точки $T_1(x_1, y_1, z_1)$ и $T_2(x_2, y_2, z_2)$ [2, 3]:

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{z-z_1}{z_2-z_1} \quad (1)$$

За основную систему координат принимается, декартова система координат с началом в центре масс боевой части средства поражения и осями X, Y, Z, ориентированными параллельно соответствующим осям самолета. В этом случае координаты точки T_1 имеют значения: $x_1=y_1=z_1=0$ и, соответственно, уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{x}{x_2} = \frac{y}{y_2} = \frac{z}{z_2} \quad (2)$$

Точка T_2 находится на поверхности условной сферы радиусом r с центром в начале координат и определение ее координат x_2, y_2 и z_2 является самостоятельной задачей.

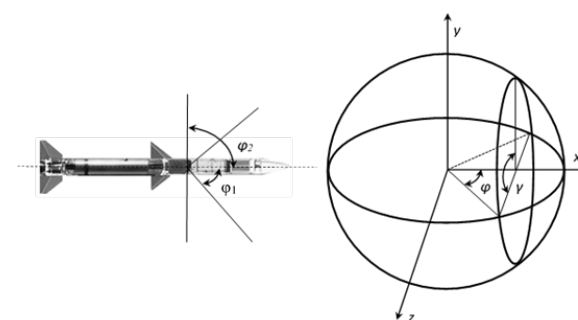


Рис. 1. Разлет осколочных поражающих элементов боевой части средства поражения в круговом секторе

Разлет осколков боевой части дистанционных средств поражения происходит в круговом секторе с углами φ_1 и φ_2 относительно продольной оси средства поражения (ракеты). В границах углов φ_1 и φ_2 осколки распределяются по нормальному закону.

Моделирование полета осколков осуществляется последовательно от угла φ_1 до угла φ_2 с шагом $\Delta\varphi$. В этом случае траектории осколков при каждом значении угла φ образуют конус. Пересечением заданного конуса со сферой является окружность (рисунки 1) с параметрами: $x_2=r\cos\varphi$ и $R=r\sin\varphi$. В центре окружности вводится вектор, вращающийся параллельно плоскости YOZ.

Угол γ между проекцией вектора на данную плоскость и осью Z изменяется от 0 до 2π рад.

С учетом изменения углов α и β

$$x'_2 = r(\cos\varphi\cos\alpha\cos\beta + \sin\varphi\sin\alpha\cos(\gamma + \pi) + \sin\varphi\sin\beta\sin(\gamma + \pi)) \quad (3)$$

$$y'_2 = r(\cos\varphi\sin\beta + \sin\varphi\cos\beta\sin\gamma) \quad (4)$$

$$z'_2 = 100(\cos\varphi\sin\alpha + \sin\varphi\cos\alpha\sin\gamma) \quad (5)$$

Влияние взаимных скоростей самолета V_C , средства поражения V_R и начальной скорости разлета осколков $V_{0\text{НАЧ}}$ на скорость встречи осколка с целью V_0 согласно [2] определяется выражениями:

$$V_{RX} = V_R\cos\alpha\cos\beta - V_C \quad (6)$$

$$V_{RY} = V_R\sin\beta \quad (7)$$

$$V_{RZ} = V_R\sin\alpha \quad (8)$$

$$V_{R\text{ABS}} = \sqrt{V_{RX}^2 + V_{RY}^2 + V_{RZ}^2} \quad (9)$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{V_{0\text{НАЧ}}^2 + V_{R\text{ABS}}^2 + 2V_{0\text{НАЧ}}V_{R\text{ABS}}\cos\varphi}{2}} \quad (10)$$

Указанные выше факторы повлияют и на изменение координат точки T_2 :

$$x_2 = x'_2 + r\frac{V_{RX}}{V_{0\text{НАЧ}}} \quad (11)$$

$$y_2 = y'_2 + r\frac{V_{RY}}{V_{0\text{НАЧ}}} \quad (12)$$

$$z_2 = z'_2 + r\frac{V_{RZ}}{V_{0\text{НАЧ}}} \quad (13)$$

Представленный подход к моделированию воздействия на самолет поражающих элементов средства поражения позволяет получить достаточно простую модель, которая может быть использована для оценки повреждений, которые может получить самолет, в частности, характера повреждений и вероятности попадания и,

подхода средства поражения к самолету координаты точки T_2 определяются выражениями:

соответственно, повреждения определенного элемента конструкции самолета. Характер повреждений определяется, прежде всего, вектором скорости поражающих элементов (направлением и абсолютным значением) и свойствами конструктивных элементов самолета, подвергающихся поражающему воздействию. Вероятность попадания в определенный элемент самолета определяется их геометрической формой и расположением.

Таким образом, на следующем этапе исследования необходимо разработать геометрическую модель компоновочной схемы самолета и произвести моделирование воздействия поражающих элементов на самолет на основе разработанной геометрической модели.

Библиографический список

1. Болховитинов О.В. Конструкция и прочность летательных аппаратов. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2004. – 678 с.
2. Березовский Д.В., Гринюк Б.М. Подход к оценке боевой живучести фронтового истребителя с учетом поражения его жизненно важных агрегатов // Сборник по материалам докладов Всероссийской научно-технической школы-семинара «Передача, обработка и отображение информации». –

Терскол: изд. СВВАИУ (ВИ). 2008. – С. 18-20.

3. Корень Г.П. Боевая живучесть фронтового истребителя с учетом повреждения

элементов конструкции осевого компрессора // Материалы XXVI Гагаринских чтений. – М.: изд. ЛАТМЭС, 2001.

Информация об авторах

Короленко Мария Равильевна – студентка, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: vkvgtu@rambler.ru

Ветехина Валерия Александровна – студентка, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: steffanie@mail.ru

Трофимчук Максим Васильевич – доцент кафедры восстановления авиационной техники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: trofimchuk.mv@yandex.ru

Information about the author

Mariya R. Korolenko - student, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: vkvgtu@yandex.ru

Valeriya A. Vetohina - student, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: steffanie@yandex.ru

Maxim V. Trofimchuk - candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of repair of aircraft, Voronezh state technical University (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: trofimchuk.mv@yandex.ru

УДК 517.98

АНАЛИЗ УРАВНЕНИЙ ПЕРЕНОСА И ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИСПЕРСИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДОЕМАХ С ЛАМИНАРНЫМИ И ТУРБУЛЕНТНЫМИ ПОТОКАМИ

А.В. Калач¹, Д.А. Литвинов¹, М.А. Зайцева¹

¹*Воронежский государственный университет инженерных технологий*

Аннотация: В рамках данного исследования было проведено моделирование процессов переноса и рассеивания загрязняющих элементов в водной среде при ламинарном течении, основанного на уравнении конвекции-диффузии. В расчетах принимались во внимание характеристики, определяющие плотность воды.

Ключевые слова: ламинарный поток жидкости, уравнение переноса, коэффициент молекулярной диффузии, условия непрерывности, турбулентная дисперсия.

ANALYSIS OF TRANSPORT EQUATIONS AND TURBULENT DISPERSION OF RADIONUCLIDES IN BODIES OF WATER WITH LAMINAR AND TURBULENT FLOWS

A.V. Kalach¹, D.A. Litvinov¹, M.A. Zaytseva¹

¹*Voronezh State University of Engineering Technologies*

Abstract: Within the framework of this study, a simulation of the dynamics of pollutant dispersion under laminar flow conditions was conducted using the transfer equation. Parameters such as water density, molecular diffusion coefficient, and the nature of the pollutant source were taken into account, with an emphasis on density.

Keywords: laminar liquid flow, transfer equation, molecular diffusion coefficient, continuity conditions, turbulent dispersion.

Во всем мире атомные электростанции вырабатывают порядка 11 % мировой электроэнергии. Поскольку интерес к производству электроэнергии за счет ядерного

деления возобновился из-за спроса на «низкоуглеродные» источники энергии, этот показатель будет расти [1].

Необходимо отметить, что ядерные

отходы образуются не только в результате использования ядерной энергии, но и в результате широкого использования изотопов в медицине (например, в качестве радиоактивных индикаторов, используемых для выявления различных опухолей); промышленности, военном деле, научных исследованиях. Такие отходы часто образуются без учета их дальнейшего обращения, и поэтому управление ими является сложным и дорогостоящим процессом [2]. Основной целью обращения с радиоактивными отходами является защита людей и окружающей среды от потенциального вредного воздействия [3].

Комплексное управление отходами предполагает особый подход, учитывающий экологические, экономические и социальные факторы. Последние десятилетия для оптимизации процессов управления отходами применяются современные методы моделирования, в частности стохастическое и нечеткое моделирование [4]. Эти подходы позволяют прогнозировать развития дальнейшего сценария распространения веществ в условиях неопределенности, что особенно актуально при оценке различных последствий утилизации и переработке отходов.

Ламинарный поток жидкости находит

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = D \left[\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right] + \frac{r}{\rho}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воды; x, y, z – система прямоугольных координат (x – продольная, y – поперечная, z – вертикальная); u, v, w – проекции вектора скорости на оси системы координат; D – коэффициент молекулярной диффузии; r – источник примеси.

Если не изменяются плотность

широкое применение в различных отраслях промышленности. Однако перенос загрязняющих веществ в ламинарном потоке представляет собой сложную проблему, требующую глубокого понимания механизмов переноса [5].

Для создания действенных методов сдерживания и предотвращения загрязнения критически важно предсказывать перемещение и скорость распространения загрязняющих элементов в условиях ламинарного потока. Точное прогнозирование дает возможность своевременно внедрять меры по локализации и нейтрализации источников загрязнения, а также оптимизировать использование ресурсов для устранения последствий.

Таким образом, по мере развития ядерных технологий накопление радиоактивных отходов увеличивается, что требует принятия мер по снижению нагрузки на объекты по захоронению и минимизации затрат на обращение с отходами. Радиоактивные отходы, как правило, складываются в хранилище, которое требует выполнения строго определенных систематических действий для обеспечения заданных требований к безопасности.

Математическая модель переноса загрязняющих веществ [6]:

жидкости и показатель молекулярной диффузии, а также обеспечивается соблюдение принципа неразрывности потока [7]

$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$, то уравнение (1) преобразуется в следующий вид:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} = -\frac{\partial}{\partial x}(\bar{u} \bar{C}) - \frac{\partial}{\partial y}(\bar{v} \bar{C}) - \frac{\partial}{\partial z}(\bar{w} \bar{C}) + D \left[\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right] + \frac{r}{\rho}.$$

При анализе турбулентной дисперсии, данное исследование опирается на использование уравнения Фика-Буссинеска [8]. Этот математический инструмент

позволяет моделировать перенос материи, принимая во внимание влияние турбулентности на процесс распространения:

$$\left\{ \rho(\bar{u} \bar{C}) = -\rho E_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x}; \rho(\bar{v} \bar{C}) = -\rho E_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y}; \rho(\bar{w} \bar{C}) = -\rho E_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} \right\},$$

где E_x, E_y, E_z – коэффициенты турбулентной дисперсии.

отображающее явление турбулентного рассеивания, выглядит следующим образом:

Математическое выражение,

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(E_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} \right) + D \left[\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right] + \frac{r}{\rho},$$

где D – коэффициент молекулярной диффузии.

веществ (РВ) под влиянием турбулентной диффузии, применяется математическая модель, отражающая суть этого явления:

Для ориентировочной оценки динамики концентраций радиоактивных

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(E_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \frac{l}{p} - \lambda C \quad (2)$$

где C – содержание РН в воде, Бк/м³; λ – постоянная распада, с⁻¹; другие входящие в уравнение параметры обозначены выше.

С краевыми условиями:

$$C(x, 0, z, t) = C_y^0(x, z, t);$$

$$C(x, L, z, t) = C_y^L(x, z, t);$$

$$C(0, y, z, t) = C_x^0(y, z, t);$$

$$C(L, y, z, t) = C_x^L(y, z, t);$$

$$C(x, y, 0, t) = C_z^0(x, y, t);$$

$$C(x, y, L, t) = C_z^L(x, y, t);$$

и начальным условием

$$C(x, y, z, 0) = C_T^0(x, y, z).$$

Разобьем данные отрезки на n по координате и на m по времени

$$x \in [0, L_x]; y \in [0, L_y];$$

$$z \in [0, L_z]; t \in [0, T].$$

$$h_x = \frac{L_x}{n}; h_y = \frac{L_y}{n};$$

$$h_z = \frac{L_z}{n}; \tau = \frac{T}{m};$$

Перепишем уравнение (2) в виде разностной схемы

$$\frac{C_{r+1}^{i,j,k} - C_r^{i,j,k}}{\tau} + u \frac{C_r^{i+1,j,k} - C_r^{i-1,j,k}}{2h} + v \frac{C_r^{i,j+1,k} - C_r^{i,j-1,k}}{2h} + w \frac{C_r^{i,j,k+1} - C_r^{i,j,k-1}}{2h} =$$

$$= E_x \frac{C_r^{i+1,j,k} - 2\dot{C}_r^{i,j,k} + C_r^{i-1,j,k}}{h^2} + E_y \frac{C_r^{i,j+1,k} - 2\dot{C}_r^{i,j,k} + C_r^{i,j-1,k}}{h^2} +$$

$$+ E_z \frac{C_r^{i,j,k+1} - 2\dot{C}_r^{i,j,k} + C_r^{i,j,k-1}}{h^2} + \frac{l}{p} - \lambda C_t^{i,j,k}$$

Тогда из-за начальных и краевых условий получим

$$C_0^{i,j,k} = C_T^0(ih_x, jh_y, kh_z)$$

$$i = \overline{0, n}; j = \overline{0, n}; k = \overline{0, n};$$

$$C_r^{0,j,k} = C_x^0(jh_y, kh_z, r\tau);$$

$$C_r^{n,j,k} = C_x^{L_x}(jh_y, kh_z, r\tau);$$

$$C_r^{i,0,k} = C_y^0(ih_x, kh_z, r\tau);$$

$$C_r^{i,n,k} = C_y^{L_y}(ih_x, kh_z, r\tau);$$

$$C_r^{i,j,0} = C_z^0(ih_x, jh_y, r\tau);$$

$$C_r^{i,j,n} = C_z^{L_z}(ih_x, jh_y, r\tau).$$

$$i = \overline{0, n}; j = \overline{0, n}; k = \overline{0, n}; r = \overline{1, m}$$

Остальные значения найдем с помощью явной разностной схемы

$$C_{r+1}^{i,j,k} = C_r^{i,j,k} - \frac{\tau u}{2h}(C_r^{i+1,j,k} - C_r^{i-1,j,k}) - \frac{\tau v}{2h}(C_r^{i,j+1,k} - C_r^{i,j-1,k}) - \frac{\tau w}{2h}(C_r^{i,j,k+1} - C_r^{i,j,k-1}) +$$

$$+ \frac{\tau E_x}{h^2}(C_r^{i+1,j,k} - 2\dot{C}_r^{i,j,k} + C_r^{i-1,j,k}) + \frac{\tau E_y}{h^2}(C_r^{i,j+1,k} - 2\dot{C}_r^{i,j,k} + C_r^{i,j-1,k}) +$$

$$+ \frac{\tau E_z}{h^2}(C_r^{i,j,k+1} - 2\dot{C}_r^{i,j,k} + C_r^{i,j,k-1}) + \frac{l\tau}{p} - \lambda\tau C_r^{i,j,k}.$$

$$i = \overline{1, n-1}; j = \overline{1, n-1}; k = \overline{1, n-1}; t = \overline{0, m-1};$$

$$C_{r+1}^{i,j,k} = (1 + \frac{\tau u}{h} + \frac{\tau v}{h} + \frac{\tau w}{h} - \frac{2\tau E_x}{h^2} - \frac{2\tau E_y}{h^2} - \frac{2\tau E_z}{h^2} - \lambda\tau)C_r^{i,j,k} +$$

$$(\frac{\tau E_x}{h^2} - \frac{\tau u}{h})C_r^{i+1,j,k} + (\frac{\tau E_y}{h^2} - \frac{\tau v}{h})C_r^{i,j+1,k} + (\frac{\tau E_z}{h^2} - \frac{\tau w}{h})C_r^{i,j,k+1} +$$

$$+ \frac{\tau E_x}{h^2}(C_r^{i-1,j,k}) + \frac{\tau E_y}{h^2}(C_r^{i,j-1,k}) + \frac{\tau E_z}{h^2}(C_r^{i,j,k-1}) + \frac{l\tau}{p}$$

$$i = \overline{1, n-1}; j = \overline{1, n-1}; k = \overline{1, n-1}; r = \overline{1, m} \quad i = \overline{0, n}; j = \overline{0, n}; k = \overline{0, n}; r = \overline{1, m}$$

Для реализации алгоритма была написана программа на языке программирования Python. Проиллюстрируем метод на примере следующей задачи.

Рассматривали систему типа (2) со следующими параметрами коэффициент диффузии $D = 1,0$ м/с²; $v_x = 2,0$ м/с, скорости конвекции $v_y = 1,0$ м/с, $v_z =$

$-4,0$ м/с; размер области по всем координатам $L = 10,0$ м; время моделирования $T = 2,0$ с; количество узлов по пространственным координатам $n_x = 26$, $n_y = 26$, $n_z = 26$; количество временных шагов $n_t = 500$.

Шаги по пространству и времени:

$$\Delta x = \frac{L}{n_x - 1}, \quad \Delta y = \frac{L}{n_y - 1},$$

$$\Delta z = \frac{L}{n_z - 1}, \quad \Delta t = \frac{T}{n_t}.$$

Начальные условия

При $t = 0$:

$$C(x, y, z, 0) = 2 + x^2 + 3y^2 + 4z. \quad (3)$$

Граничные условия

На границе $x = 0$:

$$C(0, y, z, t) = (2 + 3y^2 + 4z)\exp(-0.2t).$$

На границе $x = L$:

$$C(L, y, z, t) = (102 + 3y^2 + 4z)\exp(-0.2t).$$

На границе $y = 0$:

$$C(x, 0, z, t) = (2 + x^2 + 4z)\exp(-0.2t).$$

На границе $y = L$:

$$C(x, L, z, t) = (302 + x^2 + 4z)\exp(-0.2t).$$

На границе $z = 0$:

$$C(x, y, 0, t) = (2 + x^2 + 3y^2)\exp(-0.2t).$$

На границе $z = L$:

$$C(x, y, L, t) = (42 + x^2 + 3y^2)\exp(-0.2t).$$

Дополнительные параметры материала:

– Плотность вещества $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$,

– Коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,2 \text{ Вт/(м·К)}$,

– Теплоёмкость $c_p = 1000 \text{ Дж/К}$.

Параметры реакции:

– Характеристическое время $t = 1000 \text{ с}$,

– Константа скорости реакции первого порядка $La = 0,2 \text{ 1/с}$,

Решение было найдено с помощью авторской программы, написанной на языке программирования Python и проиллюстрировано графиками.

Таким образом для решения задачи приближённого анализа изменений концентраций РН, обусловленных воздействием

турбулентной дисперсии, описываемого уравнением (2), с заданными начальными условиями (3), был использован численный метод конечных разностей. Найденное численное решение частично проиллюстрировано графиками, изображенными на рисунке 1.

Эти данные можно использовать для дальнейших расчётов, учитывающих тепловые процессы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе исследованы уравнения переноса, используемые для моделирования ламинарных и турбулентных потоков, а также проведено численное моделирование явлений, вызванных турбулентной дисперсией. Исходя из допущения о стабильности плотности жидкости и неизменности коэффициента молекулярной диффузии, и учитывая условие неразрывности, были сформулированы ключевые уравнения, описывающие перенос загрязнителей в ламинарном потоке.

Особое внимание уделено ориентировочной оценке изменений концентрации радиоактивного нуклида под влиянием турбулентной дисперсии. В рамках этого подхода создана математическая модель, учитывающая геометрию изучаемой среды: прямолинейность береговой линии и плоское дно водоема. Для упрощения расчетов, аналитические приближенные решения уравнений были получены для условий постоянной глубины водоема и равномерного течения вдоль оси Ох.

Результаты, полученные с помощью численного и аналитического моделирования, позволяют углубить понимание процессов переноса загрязняющих веществ в водных экосистемах. Они могут служить основой для разработки действенных мер по охране окружающей среды и

рациональному использованию водных

ресурсов.

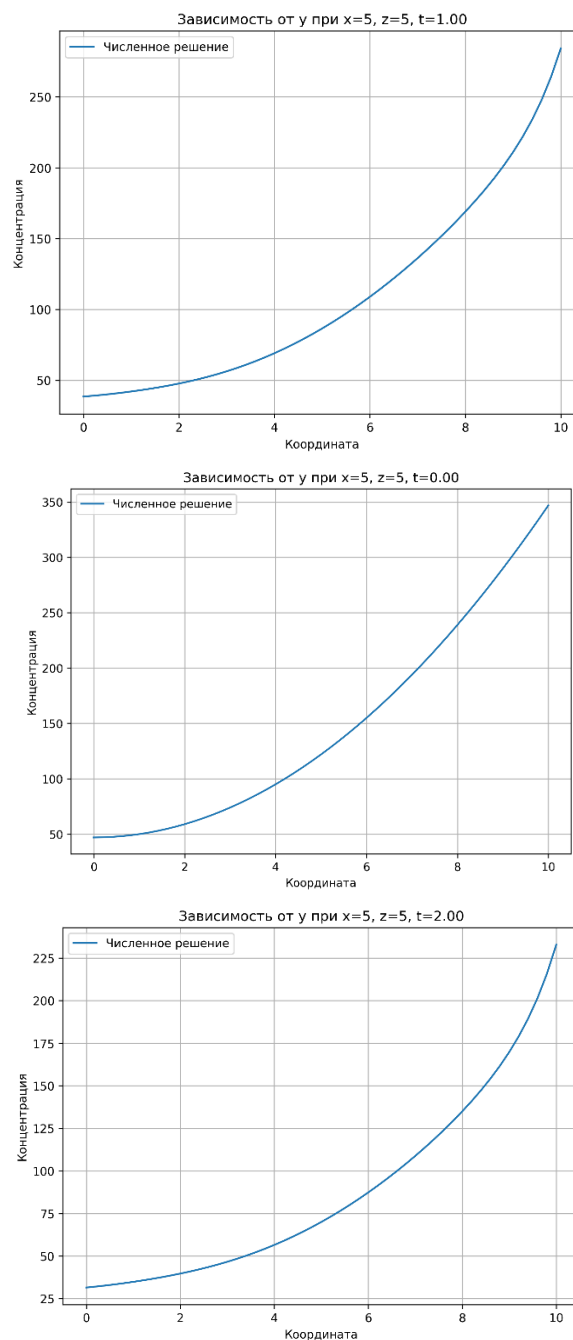
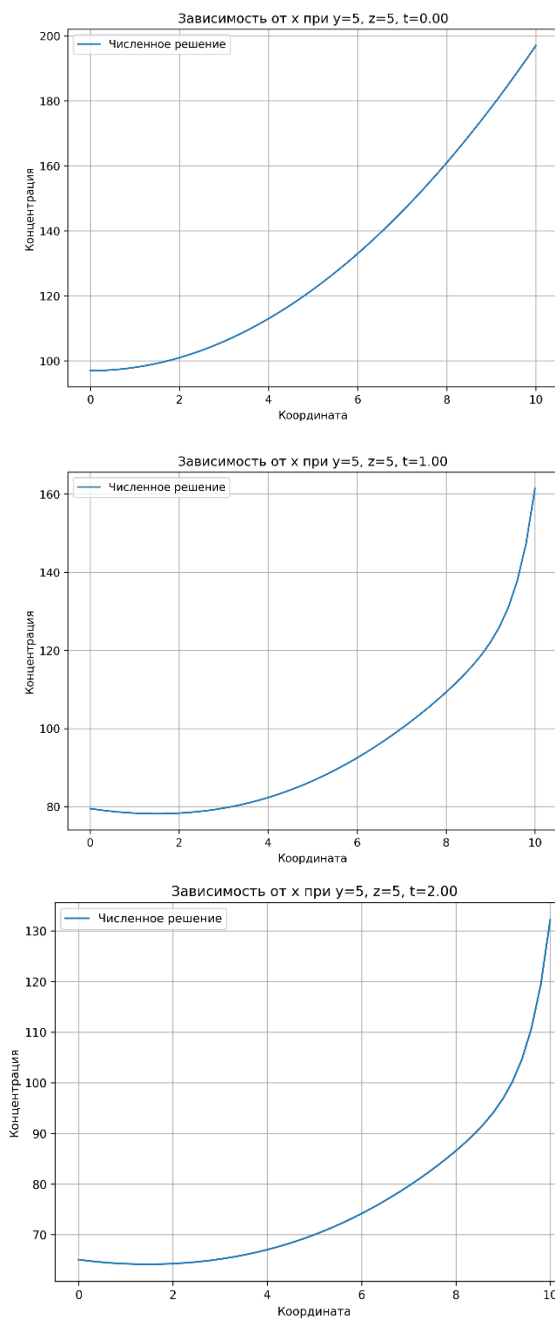


Рис. 1. Значение функции $C(x,y,z,t)$ в разных точках, в разные моменты времени

Библиографический список

1. Nuclear waste management worldwide / C. McCombie // *Phys. Today*. 1997. V. 50. P.56–62.
2. Radioactive waste repackaging simulation based on MATLAB/Simulink / J.-W. Lee, J. S. Song, H. Woo, D.-Ju Lee, Il-Sik Kang, W.

J. Park, Hee-S. Park, S. Jang // *Annals of Nuclear Energy*. 2023. V. 183. 109630.

3. Half-life measurements of long-lived radionuclides—new data analysis and systematic effects / H. Schrader // *Appl. Radiat. Isot.* 2010. V. 68. P.1583–1590.

4. Миграция цезия в почвах зоны

природного и техногенного радиоактивного загрязнения / Т. С. Свиридова // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2009 Вып. 1 С. 259-264.

5. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами / А. М. Касимов, В. Т. Семенов, Н. Г. Щербань, В. В. Мясоєдов. Харьков : ХНАГХ, 2008. 510 с.

6. An overview of the optimization modeling applications / A. Singh //Journal of

Hydrology. 2012. V. 466–467. P.167–182.

7. Моделирование миграции радионуклидов в поверхностных водах / Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН ; А. В. Носов [и др.]; под ред. Р. В. Арутюняна. М. : Наука, 2010. 253 с.

8. Моделирование турбулентного движения жидкости на основе гипотезы Буссинеска. Обзор / Б. П. Шарфарец, С. П. Дмитриев // Научное приборостроение. 2018 Том 28. Номер 3 С. 101-108

Информация об авторах

Калач Андрей Владимирович - доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий, моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (394000, Россия, г. Воронеж, ул. Проспект Революции, 19), e-mail: a_kalach@mail.ru

Литвинов Дмитрий Анатольевич - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий, моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (394000, Россия, г. Воронеж, ул. Проспект Революции, 19), e-mail: d77013378@yandex.ru

Зайцева Мария Андреевна - ассистент кафедры информационных технологий, моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (394000, Россия, г. Воронеж, ул. Проспект Революции, 19), e-mail: mariya.konopleva97@yandex.ru

Information about the author

Andrey V. Kalach - doctor of chemical Sciences, Professor, Head of the Department of information technologies, modeling, and control, Voronezh State University of Engineering Technologies (394000, Russia, Voronezh, Prospekt Revolyutsii, 19), e-mail: a_kalach@mail.ru

Dmitry A. Litvinov - candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor of the Department of information technologies, modeling and control, Voronezh State University of Engineering Technologies (394000, Russia, Voronezh, Prospekt Revolyutsii, 19), e-mail: d77013378@yandex.ru

Maria A. Zaytseva - assistant of the Department of information technologies, modeling, and control, Voronezh State University of Engineering Technologies (394000, Russia, Voronezh, Revolution Avenue, 19), e-mail: mariya.konopleva97@yandex.ru

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

УДК 004.8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

О.Н. Бондаренко¹¹*МИРЭА - Российский технологический университет*

Аннотация: В статье рассмотрены сравнительная эффективность и особенности нейросетевых моделей LSTM, GRU и Transformer для обработки лингвистических данных. В основу анализа положена разработанная методика сравнительной оценки, включающая обучение моделей на датасетах со специфическими данными, характерными для корпоративных систем

Ключевые слова: обработка данных, нейросетевые модели, лингвистические модели, RNN, NLP, метод LSTM, метод GRU, метод Transformer.

ANALYSIS AND COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF NEURAL NETWORK MODELS OF LINGUISTIC DATA PROCESSING

O.N. Bondarenko¹¹*MIREA - Russian Technological University*

Abstract: The article discusses the comparative effectiveness and features of neural network model's LSTM, GRU and Transformer for processing linguistic data. The analysis is based on the developed comparative evaluation methodology, which includes training models on datasets with specific data typical of corporate systems

Keywords: data processing, neural network models, linguistic models, RNN, NLP, LSTM method, GRU method, Transformer method.

С развитием цифровых технологий возрастает объём текстовой информации в финансовых, юридических, образовательных и других сферах. Это требует эффективной автоматизированной обработки данных. Нейросетевые модели [1], такие как LSTM, GRU и Transformer, активно применяются в задачах NLP, таких как распознавание тональности, классификация документов и полнотекстовый поиск.

Рассмотрим описываемые нейросетевые модели, где LSTM (Long Short-Term Memory) [2] – рекуррентная нейронная сеть, разработанная для решения проблемы исчезающего градиента. Содержит три ключевых компонента: забывающий гейт,

входной гейт и выходной гейт, которые контролируют поток информации. LSTM хорошо подходит для анализа длинных последовательностей, например, при создании справочных баз или прогнозировании временных рядов.

GRU (Gated Recurrent Unit) [3, 4] – упрощённая версия LSTM. Объединяет забывающий и входной гейты в один обновляющий гейт, что снижает сложность модели и увеличивает скорость работы. Модель эффективна в задачах классификации, машинного перевода и прогнозирования.

Transformer [5] – это архитектура, которая в отличие от LSTM и GRU, не использует рекуррентные связи, и которая

основана на механизме внимания, позволяющем модели сосредотачиваться на разных частях входного текста.

Предварительно, императивным путем выбрана архитектура моделей: для LSTM и GRU – использована 1-слойная архитектура с 128 скрытыми единицами, а для Transformer – 6-слойная архитектура с 8 головами внимания. В качестве оптимизатора использован Adam [6], а также выбрана функция потерь категориальной кросс-энтропии (Categorical Cross-Entropy Loss) [7], ставшая стандартом при решении подобных задач. Количество эпох обучения установлено на 5 единиц, так как за указанное количество эпох достигнута достаточная конвергенция, а также предотвращена чрезмерная адаптация к обучающим данным. Кроме того, такое количество позволило добиться оптимальных рабочих временных рамок.

Размер батча составил 32 единицы, так как данный показатель обеспечил стабильность градиентов между минибатчами и показал хорошие результаты на наборах данных.

Длина последовательности – 100 слов. Данный объем слов стал оптимальным вариантом, при котором достигнуто

достаточное представление контекста, учитывая объем данных и доступные вычислительные ресурсы АРМ.

Для обучения моделей выбраны и подготовлены наборы данных, наиболее подходящие в рамках данного исследования. Для подготовки данных использовалась библиотека Keras Tokenizer [8]. Тексты преобразовывались в последовательности чисел, соответствующих словам. Данные были приведены к нижнему регистру, очищены от стоп-слов и специальных символов.

В качестве первого набора данных выбран «Enron Email Dataset» [9], содержащий более 500 000 внутренних электронных писем сотрудников компании Enron.

В ходе обучения рассматриваемых моделей на рассматриваемом наборе данных удалось получить результаты в разрезе 5 эпох по 3 выборкам (обучающая, тренировочная, валидационная), а также зафиксировать время обучения моделей для дальнейшего итогового анализа.

На основе полученных результатов обучения, сформирована таблица с оценкой точности моделей и временем, затраченным на достижение представленных показателей (Таблица 1).

Таблица 1 Результаты обучения моделей на наборе «Enron Email Dataset»

Модель	Точность на обучающей выборке	Точность на валидационной выборке	Точность на тестовой выборке	Время обучения модели, мин.
LSTM	97.3%	86.7%	85.5%	120.84
GRU	97.5%	87.2%	86.1%	81.13
Transformer	98.1%	88.9%	87.8%	240.61

Для более тщательного рассмотрения результатов и проведения качественного сравнительного анализа, на рисунке 1

отображена визуализация графических зависимостей для функции потерь и точности. Дополнительно, для наглядного

сравнения, отдельным графиком (Рисунок 2) выведен показатель времени обучения

моделей относительно друг друга.

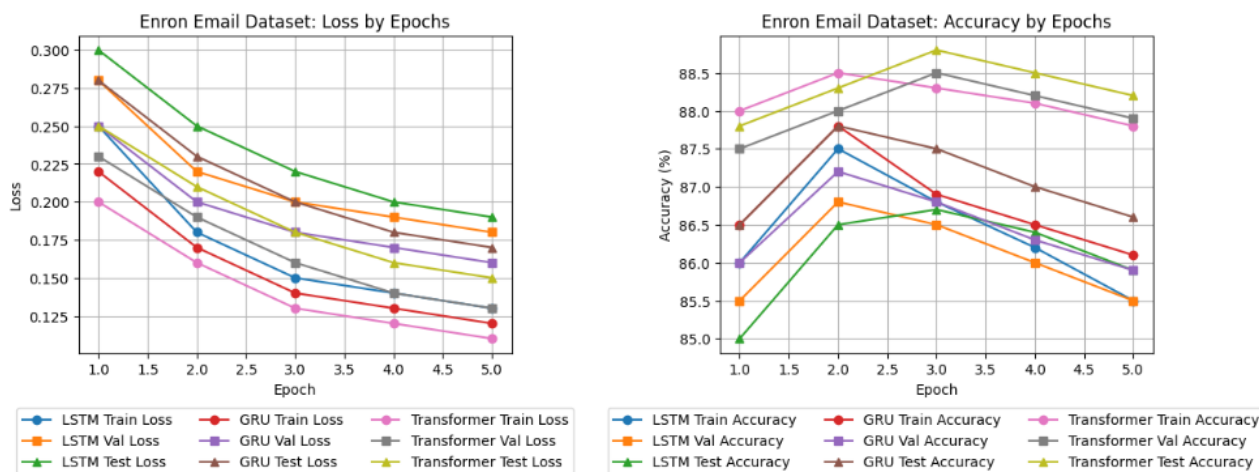


Рис. 1. Визуализация графических зависимостей для функции потерь и точности для набора «Enron Email Dataset»

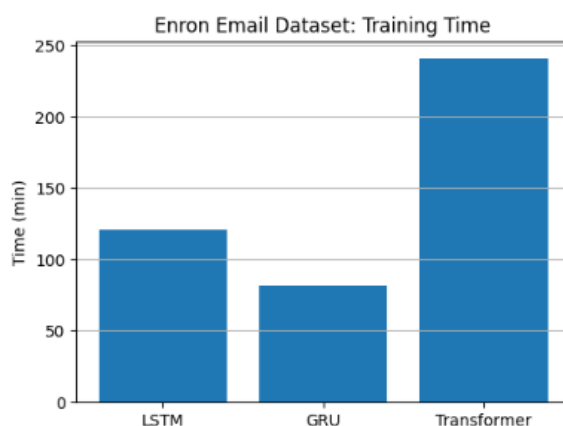


Рис. 2. Визуализация времени обучения моделей для набора «Enron Email Dataset»

Сравнительный анализ моделей на наборе данных «Enron Email Dataset» показал, что Transformer обеспечивает наивысшую точность – 87.8% на тестовой выборке, превосходя GRU (86.1%) и LSTM (85.5.). На обучающей выборке её точность составила 98.1%, а на валидационной – 88.9%, что подтверждает высокую обобщающую способность. Вместе с тем, время обучения модели составило 240.61 минуты – почти вдвое больше, чем у конкурентов, что связано с большей вычислительной

сложностью. На основе сравнительного анализа сделано предположение о том, что Transformer является лидером по критерию точности ровно также, как и по количеству потребляемых ресурсов на этапе обучения.

В качестве второго набора данных выбран «Reuters-21578 Dataset» [10], который представляет собой более 10 тысяч новостных статей, разделенных на категории. Данные изначально предназначены для задач классификации и имеют четкую структуру.

Для набора выполнено разделение на валидационную и тестовую выборки в соотношении 70:15:15, чтобы учесть разные этапы обучения и оценки моделей. В данном случае 70% данных используются для обучения модели (обучающая выборка), 15% данных выделяются для проверки настройки гиперпараметров и регуляризации (валидационная выборка) и оставшиеся 15% данных зарезервированы для финальной оценки модели (тестовая выборка).

В результате проведенного исследования, связанного с обучением

рассматриваемых моделей машинного обучения на специфических лингвистических данных, представленных классифицированными новостными публикациями, получены результаты, характеризующие точность каждой из рассмотренных моделей. Данные результаты стали основой для формирования итоговой таблицы, в которой приведена оценка моделей в виде их точности, выраженной в процентах, а также времени, затраченного на обучение каждой модели (Таблица 2).

Таблица 2 Результаты обучения моделей, на наборе Reuters-21578 Dataset

Модель	Точность на обучающей выборке	Точность на валидационной выборке	Точность на тестовой выборке	Время обучения модели, мин.
LSTM	95.2%	84.3%	83.1%	105.42
GRU	95.8%	85.1%	84.0%	68.73
Transformer	96.5%	86.8%	85.9%	210.56

Помимо таблицы результатов выведена визуализация графических зависимостей для функции потерь и точности (Рисунок 3), чтобы наиболее корректно оценить эффективность обучения моделей на

данном наборе данных и сделать вывод о применимости моделей относительно рассматриваемой специфики данных. Дополнительно, представлен график временных затрат на обучение моделей (Рисунок 4).

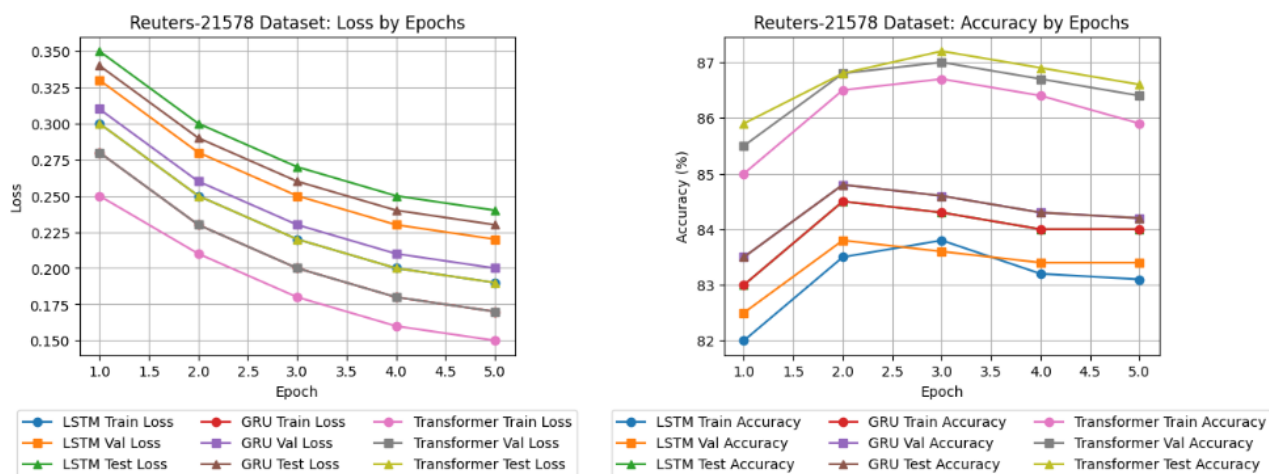


Рис. 3. Визуализация графических зависимостей для функции потерь и точности для набора «Reuters-21578 Dataset»

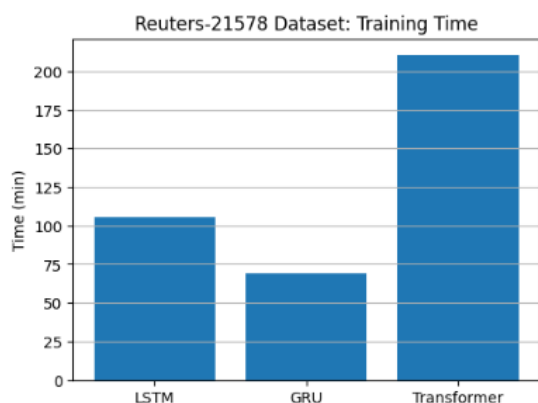


Рис. 4. Визуализация времени обучения моделей для набора «Reuters-21578 Dataset»

Результаты сравнительного анализа точности моделей на обучающей, валидационной и тестовой выборках для набора данных «Reuters-21578 Dataset» продемонстрировали статистически значимые различия в их эффективности. Среди исследуемых моделей Transformer также показала наивысшие значения точности на всех этапах оценки. На тестовой выборке её точность составила 85.9%, что превышает результаты GRU (84.0%) и LSTM (83.1%). На обучающей выборке модель Transformer достигла точности 96.5%, что указывает на её высокую способность к аппроксимации сложных зависимостей в структурированных текстовых данных. GRU и LSTM показали соответственно 95.8% и 95.2%, что также свидетельствует о хорошем уровне обучаемости, однако уступает Transformer

по общей способности к моделированию лингвистических паттернов. На валидационной выборке Transformer сохранила лидерство с показателем точности 86.8%, демонстрируя высокую обобщающую способность и устойчивость к переобучению. GRU и LSTM показали точность 85.1% и 84.3% соответственно. Полученные данные позволяют утверждать, что Transformer обеспечивает более стабильное качество прогнозирования как на обучающих, так и на новых, ранее не виденных данных.

В качестве третьего набора данных выбран «20 Newsgroups Dataset» [11], состоящий из около 18 тысяч текстов, разделенных на 20 категорий. Данные предназначены для задач классификации и также имеют четкую структуру, как в случае со вторым набором данных.

В процессе обучения моделей машинного обучения на специально подготовленных лингвистических данных, представленных сообщениями с интернет-форумов, получены показатели точности каждой из исследуемых моделей. На основании этих результатов составлена сводная таблица, демонстрирующая точность работы моделей (Таблица 3), а также выведены графики функции потерь (Рисунок 5), точности и времени обучения (Рисунок 6), как наглядное представление о результатах обучения.

Таблица 3 Результаты обучения моделей, на наборе «20 Newsgroups Dataset»

Модель	Точность на обучающей выборке	Точность на валидационной выборке	Точность на тестовой выборке	Время обучения модели, мин.
LSTM	94.8%	83.5%	82.0%	102.34
GRU	95.4%	84.2%	83.4%	67.89
ransformer	96.2%	85.7%	84.8%	205.43

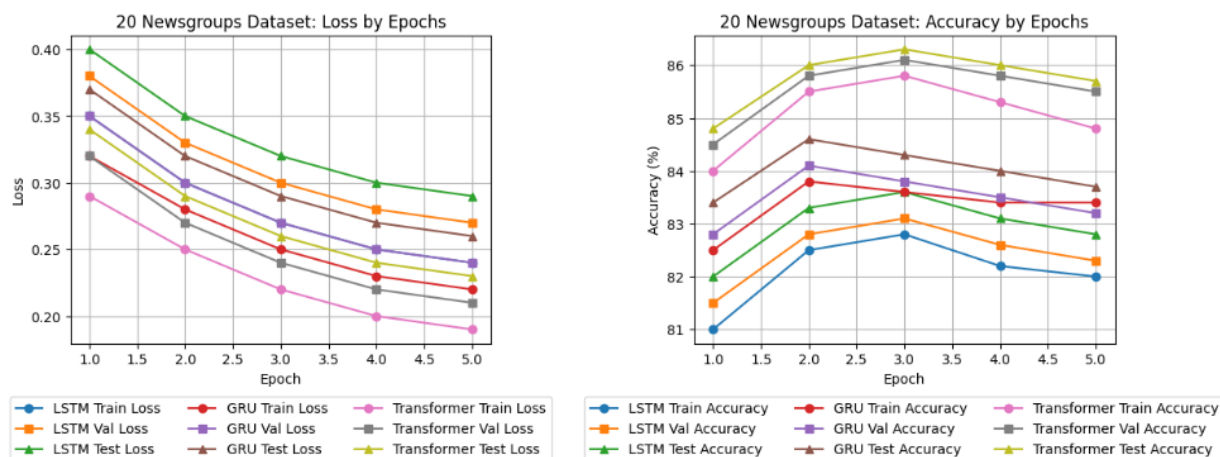


Рис. 5. Визуализация графических зависимостей для функции потерь и точности для набора «20 Newsgroups Dataset»

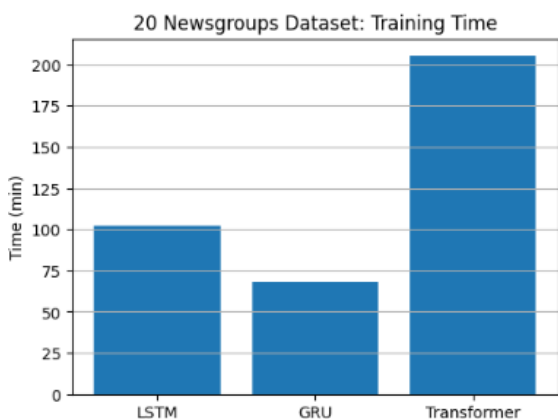


Рис. 6. Визуализация времени обучения моделей для набора «20 Newsgroups Dataset»

В результате сравнительного исследования точности моделей на базе набора данных «20 Newsgroups Dataset» модель Transformer в очередной раз продемонстрировала максимальную точность на тестовой выборке среди своих конкурентов, составившую 84.8%. Этот показатель значительно превысил результаты конкурентов: GRU (83.4%) и LSTM (82.0%).

На обучающей выборке Transformer также показал наилучшие результаты, достигнув точности 96.2%. В свою очередь, модель GRU достигла точности 95.4%, а

LSTM – 94.8%.

Аналогичная тенденция прослеживается и на валидационной выборке, где Transformer продемонстрировал точность 85.7%, опережая GRU (84.2%) и LSTM (83.5%).

Исходя из показателей таблицы и графиков, можно наблюдать положительную тенденцию к эффективной обучаемости модели Transformer, где при высоких временных затратах выходной результат опережает конкурентные модели. Модель GRU также показывает высокую степень обучаемости и баланс по временным затратам относительно того качества, которые можно видеть в результате.

Для наиболее точной оценки точности моделей LSTM, GRU и Transformer проведено обобщающее исследование на основе результатов обучения на трех наборах данных – «Enron Email Dataset», «Reuters-21578 Dataset» и «20 Newsgroups Dataset» и анализ, включающий метрические показатели точности, а также соотношение преимуществ к недостаткам. Исходя из этого, выведены средние показатели точности и времени обучения (Таблица 4).

Таблица 4 Средние показатели точности и времени обучения моделей

Модель	Средняя точность на обучающей выборке	Средняя точность на валидационной выборке	Средняя точность на тестовой выборке	Среднее время обучения модели, мин.
LSTM	95.8%	84.8%	83.5%	106.50
GRU	96.2%	85.4%	84.5%	72.50
Transformer	97.0%	87.1%	86.2%	218.80

Анализ точности моделей показывает, что Transformer демонстрирует наивысшую точность на всех трех наборах данных. На обучающей выборке Transformer превосходит конкурентов на 1.2% (LSTM) и 0.8% (GRU), на валидационной выборке - на 2.3% (LSTM) и 1.7% (GRU), на тестовой выборке - на 2.7% (LSTM) и 1.7% (GRU).

В то же время, GRU показывает более высокую точность по сравнению с LSTM. На всех трех наборах данных GRU демонстрирует более высокую точность, быстрее обучается и требует меньше времени на обучение. Разница между GRU и LSTM составляет в среднем 1.4% точности и 34 минуты меньше времени обучения.

Тем не менее, Transformer, несмотря на свои показатели точности, требует значительного увеличения времени обучения по сравнению с другими моделями. Среднее время обучения Transformer на 146.3 минуты больше, чем у LSTM, и на 146.3 минуты больше, чем у GRU. Это объясняется более сложной архитектурой и высокими вычислительными требованиями, связанными с использованием механизма многоголовочного внимания.

Таким образом, исходя из результатов анализа видно, что Transformer демонстрирует наилучшие результаты на всех этапах

обучения - обучающей, валидационной и тестовой выборках. Это еще раз подтверждает высокую обобщающую способность модели и способность работать с новыми данными, не встречавшимися в процессе обучения

Библиографический список

1. Сагирова А. Р. Нейросетевые модели на основе механизма внимания с памятью для решения задач обработки естественного языка : специальность 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение»: Диссертация на соискание кандидата физико-математических наук / Сагирова А. Р.; МФТИ. — Долгопрудный, 2024. — 123 с.
2. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory / Hochreiter S., Schmidhuber J. [Электронный ресурс] // gwern.net : [сайт]. — URL: <https://gwern.net/doc/ai/nn/rnn/1997-hochreiter.pdf> (дата обращения: 18.03.2025).
3. Yoav Goldberg Neural Network Methods for Natural Language Processing [Текст] / Yoav Goldberg — : Morgan & Claypool Publishers, 2017 — 361 с.
4. Cho K., van Merriënboer B., Gulcehre C., Bahdanau D., Bougares F., Schwenk H., & Bengio Y. Learning Phrase Representations

using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation / Cho K., van Merriënboer B., Gulcehre C., Bahdanau D., Bougares F., Schwenk H., & Bengio Y. [Электронный ресурс] // rxiv.org : [сайт]. — URL: <https://arxiv.org/pdf/1406.1078v3> (дата обращения: 19.03.2025).

5. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Polosukhin, I. Attention Is All You Need / Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Polosukhin, I. [Электронный ресурс] // arxiv.org : [сайт]. — URL: <https://arxiv.org/pdf/1706.03762v5> (дата обращения: 18.03.2025).

6. Diederik P. K., Jimmy. B. ADAM: A METHOD FOR STOCHASTIC OPTIMIZATION / Diederik P. K., Jimmy. B. [Электронный ресурс] // arxiv.org : [сайт]. — URL: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980> (дата обращения: 22.03.2025).

7. Deval S. Cross Entropy Loss: Intro, Applications, Code / Deval S. [Электронный

ресурс] // v7labs.com : [сайт]. — URL: <https://www.v7labs.com/blog/cross-entropy-loss-guide> (дата обращения: 22.03.2025).

8. Toknizer / [Электронный ресурс] // keras.io : [сайт]. — URL: https://keras.io/keras_hub/api/tokenizers/tokenizer/ (дата обращения: 18.03.2025).

9. The Enron Email Dataset / [Электронный ресурс] // kaggle : [сайт]. — URL: <https://www.kaggle.com/datasets/wcukierski/enron-email-dataset> (дата обращения: 01.03.2025).

10. Reuters-21578 (Text Categorization) / [Электронный ресурс] // kaggle : [сайт]. — URL: <https://www.kaggle.com/datasets/thedevastator/uncovering-financial-insights-with-the-reuters-2> (дата обращения: 04.03.2025).

11. Newsgroups Dataset / [Электронный ресурс] // kaggle : [сайт]. — URL: <https://www.kaggle.com/datasets/crawford/20-newsgroups> (дата обращения: 04.03.2025).

Информация об авторах

Бондаренко Олег Николаевич – магистрант кафедры корпоративных информационных систем, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, ул. Проспект Вернадского, 78), e-mail: bondarenko_o@mirea.ru

Information about the author

Oleg N. Bondarenko - master's student at the Department of corporate information systems, MIREA – Russian Technological University (78 Prospekt Vernadskogo str., Moscow, 119454, Russia), e-mail: bondarenko_o@mirea.ru

УДК 004.838.2

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АНАЛИТИКЕ ДАННЫХ: КАК ИИ ТРАНСФОРМИРУЕТ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В БИЗНЕСЕ

А.И. Белокопытов¹

¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: в статье рассматривается влияние искусственного интеллекта (AI) на процесс аналитики данных и принятия решений в бизнесе. Обсуждаются преимущества использования AI, включая ускорение обработки данных, предсказательную аналитику и оптимизацию ресурсов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, аналитика данных, принятие решений, машинное обучение, предсказательная аналитика, бизнес, оптимизация процессов, персонализированные рекомендации, конфиденциальность данных, вызовы и возможности AI.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DATA ANALYTICS: HOW AI TRANSFORMS DECISION-MAKING IN BUSINESS

A.I. Belokopytov ¹

¹ Voronezh State Technical University

Abstract: This article examines the impact of artificial intelligence (AI) on the process of data analytics and decision-making in business. The advantages of using AI are discussed, including the acceleration of data processing, predictive analytics, and resource optimization.

Keywords: artificial intelligence, data analytics, decision-making, machine learning, predictive analytics, business, process optimization, personalized recommendations, data privacy, challenges and opportunities of AI.

Современный бизнес сталкивается с беспрецедентными объемами данных, которые необходимо обрабатывать для принятия обоснованных решений. Введение технологий искусственного интеллекта (AI) в аналитику данных стало последствием стремления компаний повысить свою конкурентоспособность, оптимизировать процессы и улучшить качество принимаемых решений. Данная статья рассматривает влияние искусственного интеллекта на бизнес-аналитику, а также примеры успешного применения AI в различных отраслях.

Искусственный интеллект включает в себя широкий спектр технологий, включая машинное обучение (ML), обработку естественного языка (NLP) и компьютерное зрение. Эти технологии позволяют извлекать ценную информацию из больших объемов структурированных и неструктурированных данных, что значительно улучшает процесс принятия решений.

Преимущества использования AI в аналитике данных:

1. Ускорение обработки данных: AI-системы способны обрабатывать огромные массивы данных значительно быстрее, чем традиционные методы. Это позволяет бизнесу оперативно реагировать на изменения на рынке и адаптироваться к новым

условиям.

2. Предсказательная аналитика: Используя алгоритмы машинного обучения, компании могут создавать модели, которые предсказывают будущие тенденции на основе исторических данных. Это позволяет делать более обоснованные прогнозы и улучшать стратегическое планирование.

3. Автоматизация процессов: AI может автоматизировать рутинные задачи, такие как сбор и анализ данных, что позволяет аналитикам сосредоточиться на более сложных аспектах принятия решений.

4. Оптимизация ресурсов: AI-аналитика помогает выявить неэффективные процессы и оптимизировать использование ресурсов, что приводит к снижению затрат и повышению прибыльности.

Примеры успешного применения AI в аналитике данных:

1. Netflix: Один из ярких примеров использования AI в аналитике данных — Netflix. Платформа использует алгоритмы для анализа пользовательских предпочтений, что позволяет рекомендовать контент, на который пользователи вероятнее всего захотят посмотреть. Это не только улучшает пользовательский опыт, но и способствует повышению удержания клиентов и увеличению доходов.

2. Amazon: Amazon применяет

искусственный интеллект для анализа данных о покупках пользователей, что позволяет создавать персонализированные рекомендации и оптимизировать запасы. Такие алгоритмы помогают прогнозировать спрос на определенные товары и минимизировать затраты на хранение.

3. Uber: Компания Uber использует AI для анализа данных о поездках, что позволяет оптимизировать маршруты и время ожидания для клиентов. Это увеличивает эффективность работы водителей и улучшает качество обслуживания.

4. Bank of America: Банк использует AI для анализа финансовых данных клиентов, что позволяет более точно оценивать кредитный риск и предлагать персонализированные финансовые советы. Это не только улучшает финансовые результаты банка, но и повышает удовлетворенность клиентов.

Несмотря на все преимущества, внедрение AI в аналитику данных также связано с рядом вызовов. К ним относятся проблемы конфиденциальности данных, необходимость в высоком качестве данных и потенциальная предвзятость алгоритмов. Для успешного использования AI в бизнесе необходимо учитывать эти аспекты и развивать соответствующие регуляторные и этические стандарты.

Искусственный интеллект

радикально меняет подходы к аналитике данных и принятию решений в бизнесе. Компании, внедряющие AI-технологии, могут значительно повысить эффективность своей работы, оптимизировать процессы и улучшить качество обслуживания клиентов. На фоне быстрого развития технологий и обработки данных важно оставаться в курсе новых тенденций и продолжать исследовать возможности, которые открывает искусственный интеллект. В результате правильного применения AI бизнес может значительно повысить свою конкурентоспособность и адаптивность к меняющейся среде.

Эта статья освещает важные аспекты применения искусственного интеллекта в аналитике данных и его влияние на принятие решений в бизнесе. Важно не только применять AI, но и учитывать возникающие вызовы для эффективной реализации его потенциала.

Библиографический список

1. Marr, B. Artificial Intelligence in Practice: How 50 Successful Companies Used AI and Machine Learning to Solve Problems. – Chichester: Wiley, 2019. – 304 p.
2. Vishwanath, V., & Devi, S.K. Artificial Intelligence and Big Data in the Business Landscape: Challenges and Opportunities. – Singapore: Springer, 2020. – 250 p.

Информация об авторах

Белокопытов Артём Игоревич – студент, факультет информационных технологий и компьютерной безопасности, кафедра интеллектуальных технологий проектирования, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября 84), email: artembelokopytov56@gmail.com

Бредихин Алексей Вячеславович – кандидат технических наук, декан факультета информационных технологий и компьютерной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября 84), email: maypochta@yandex.ru

Information about the author

Belokopytov Artem Igorevich – student, Faculty of Information Technologies and Computer Security, Department of Intelligent Design Technologies, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 let Oktyabrya Street 84), email: artembelokopytov56@gmail.com

Bredikhin Alexey Vyacheslavovich – Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Information Technologies and Computer Security, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 let Oktyabrya Street 84), email: maypochta@yandex.ru

УДК 004.8

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ И АДАПТАЦИИ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

А.А Грачев ¹¹*МИРЭА –Российский технологический университет*

Аннотация: В статье рассматриваются актуальные проблемы оптимизации и адаптации языковых моделей искусственного интеллекта для задач обработки информации. Анализируются ограничения существующих решений и перспективы дальнейшего развития данной области исследований.

Ключевые слова: Языковые модели, искусственный интеллект, оптимизация, адаптация, предвзятость, интерпретируемость, ресурсоемкость, эффективность, машинное обучение, обработка естественного языка.

REVIEW OF MODERN METHODS FOR OPTIMIZATION AND ADAPTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE LANGUAGE MODELS IN INFORMATION PROCESSING TASKS

A.A. Grachev ¹¹*Russian Technological University*

Abstract: The article examines current issues related to the optimization and adaptation of artificial intelligence language models for information processing tasks. Examples of modern approaches to solving these problems are provided, including quantization, pruning, and transfer learning methods. The limitations of existing solutions and prospects for further development in this research area are analyzed.

Keywords: language models, artificial intelligence, optimization, adaptation, bias, interpretability, resource intensity, efficiency, machine learning, natural language processing

Введение. Современные языковые модели искусственного интеллекта демонстрируют впечатляющие возможности в решении широкого спектра задач: от генерации текста и перевода до анализа данных и поддержки принятия решений. Эти модели, основанные на архитектурах глубокого обучения, достигают высокой точности благодаря обширным наборам данных и значительным вычислительным ресурсам. Однако их внедрение в реальные приложения сталкивается с рядом вызовов, связанных с эффективностью, адаптивностью и доступностью.

Одним из ключевых ограничений является вычислительная сложность и высокие требования к ресурсам, которые делают использование крупных моделей

затратным для многих организаций и устройств с ограниченными возможностями. Кроме того, универсальные языковые модели часто не могут достичь необходимого уровня точности в специализированных задачах или доменах, таких как медицина, юриспруденция или технические науки, где требуется глубокое понимание узкоспециализированных знаний. Это ставит перед исследователями и разработчиками задачу оптимизации и адаптации существующих моделей под конкретные условия использования.

Оптимизация языковых моделей направлена на повышение их производительности, снижение вычислительной сложности и минимизацию затрат на хранение и выполнение. Адаптация, в свою

очередь, позволяет настроить модель под конкретные задачи, данные или области применения, обеспечивая более точные и релевантные результаты. Современные подходы к этим процессам включают архитектурные изменения, такие как квантизация и разреженные сети, методы тонкой настройки, дистилляцию знаний, промпт-инжиниринг и многое другое.

В данной статье рассматриваются основные стратегии и методы оптимизации и адаптации языковых моделей искусственного интеллекта. Проанализированы их преимущества, ограничения и области применения, а также обсуждаем перспективы развития этих подходов в контексте растущего спроса на эффективные и доступные решения для обработки естественного языка.

Цель данной статьи — проанализировать текущие подходы к оптимизации и адаптации языковых моделей, а также выделить ключевые нерешенные задачи, требующие дальнейшего изучения. Особое внимание будет уделено вопросам повышения интерпретируемости моделей, снижения их ресурсоемкости и устранения предвзятости.

Актуальные проблемы оптимизации и адаптации языковых моделей. Оптимизация и адаптация языковых моделей сталкиваются с рядом сложных проблем, которые ограничивают их широкое применение. Одной из ключевых проблем является высокая вычислительная сложность крупных моделей. Обучение и использование таких систем требует значительных ресурсов, что делает их недоступными для многих организаций и устройств с ограниченными возможностями. Высокие затраты на оборудование и энергопотребление также ставят под вопрос экологическую

устойчивость таких технологий.

Другой важной проблемой является сложность адаптации универсальных языковых моделей к специализированным задачам. Универсальные модели, обученные на общих данных, зачастую не демонстрируют достаточную точность в узкоспециализированных областях, таких как медицина или юриспруденция. Для успешного применения в этих областях требуется тонкая настройка, которая зависит от доступности качественных данных и знаний предметной области. Однако такие данные часто труднодоступны или ограничены по объёму.

Потеря качества при оптимизации также представляет собой серьёзный вызов. Методы снижения размера модели, такие как квантизация или разреженные сети, могут привести к ухудшению точности или потере важных связей внутри модели. Это создаёт необходимость в тщательном балансе между эффективностью и производительностью. Кроме того, интерпретируемость и управляемость языковых моделей остаются важными проблемами. Часто модели работают как "чёрные ящики", что затрудняет понимание их решений и корректировку ошибок в критически важных задачах.

Проблемы с данными усложняют процесс адаптации. Недостаток данных для редких языков или специализированных областей, а также их шумность или некорректность могут негативно сказаться на качестве модели. Динамическая природа данных в быстро меняющихся областях, таких как финансы или технологии, также создаёт трудности, поскольку модели могут быстро становиться устаревшими. Интеграция языковых моделей в существующие ИТ-инфраструктуры может быть сложной из-за

вопросов совместимости, безопасности и масштабируемости.

Архитектурная оптимизация языковых моделей. Архитектурная оптимизация представляет собой процесс улучшения внутренней структуры языковых моделей для повышения их эффективности, снижения вычислительной сложности и минимизации использования ресурсов без значительного ущерба для качества. Этот подход направлен на модификацию самой архитектуры модели, что позволяет сделать её более производительной и пригодной для широкого спектра задач.

Одним из ключевых направлений архитектурной оптимизации является сокращение размера модели. Крупные языковые модели, содержат миллиарды параметров, что делает их ресурсоёмкими для обучения и вывода. Для решения этой проблемы применяются методы квантизации, которые снижают точность представления числовых весов модели. Например, переход от 32-битных чисел с плавающей запятой к 16-битным или даже 8-битным форматам позволяет значительно уменьшить объём памяти и ускорить вычисления. Однако такой подход требует тщательной проверки, чтобы минимизировать потери в точности.

Ещё одним важным методом является использование разреженных сетей (Sparse Networks). Вместо хранения всех весов модели можно исключить незначительные или ненужные связи, что снижает количество параметров и упрощает вычисления. Разреженные сети позволяют сохранить основную функциональность модели, одновременно делая её более лёгкой и быстрой. Однако важно обеспечить, чтобы удалённые связи не влияли на ключевые аспекты работы модели, такие как понимание контекста или семантики.

Другим перспективным подходом является декомпозиция матриц, например, сингулярное разложение (SVD). Этот метод позволяет аппроксимировать большие матрицы весов меньшими, что значительно снижает вычислительную нагрузку. Такая оптимизация особенно полезна для моделей, работающих на устройствах с ограниченными ресурсами, таких как мобильные телефоны или системы интернета вещей.

Модульные архитектуры также становятся всё более популярными. Вместо создания монолитной модели её можно разделить на подмодули, которые могут быть обучены или использованы независимо. Например, один модуль может быть ответственен за обработку синтаксиса, а другой — за семантический анализ. Такая структура позволяет адаптировать модель под конкретные задачи, загружая только необходимые компоненты, что снижает общие затраты на вычисления.

Также, внимание уделяется оптимизации механизмов внимания (Attention Mechanisms), которые являются ключевыми элементами архитектуры трансформеров. Традиционные механизмы внимания имеют квадратичную сложность относительно длины входной последовательности, что делает их ресурсоёмкими для длинных текстов. Для решения этой проблемы разрабатываются альтернативные подходы, такие как линейное внимание или использование локальных окон, что позволяет значительно ускорить обработку данных.

Таким образом, архитектурная оптимизация охватывает широкий спектр методов, направленных на улучшение производительности языковых моделей. Эти подходы позволяют создавать более эффективные и доступные системы, способные работать в условиях ограниченных ресурсов,

сохраняя при этом высокое качество выполнения задач.

Тонкая настройка (Fine-Tuning) языковых моделей. Тонкая настройка (Fine-Tuning) представляет собой процесс адаптации предварительно обученных языковых моделей под конкретные задачи или домены путем дополнительного обучения на специализированных наборах данных. Этот подход позволяет эффективно использовать знания, полученные моделью на универсальных данных, и адаптировать их для решения узкоспециализированных задач, таких как классификация текстов, генерация контента или анализ предметно-ориентированных данных.

В классическом варианте Fine-Tuning все параметры модели обновляются в процессе дообучения, что обеспечивает высокую точность, но требует значительных вычислительных ресурсов. Для снижения вычислительной сложности применяются альтернативные методы, такие как частичная тонкая настройка, при которой обновляются только последние слои модели, или современные подходы, например, LoRA (Low-Rank Adaptation), где к весам добавляются низкоранговые матрицы для корректировки поведения модели. Преимуществом таких методов является минимизация количества изменяемых параметров при сохранении высокой производительности.

Prefix-Tuning предлагает другой подход, при котором вместо изменения внутренних параметров модели добавляются настраиваемые "префиксы" — дополнительные входные данные, специфичные для задачи. Основная модель остается неизменной, что снижает вычислительные затраты и упрощает процесс адаптации.

Однако Fine-Tuning сталкивается с рядом ограничений. Качество настройки

зависит от качества обучающих данных: шумные или ограниченные датасеты могут привести к снижению точности или переобучению. Кроме того, процесс может усиливать предвзятости, заложенные в исходной модели, если новые данные содержат систематические смещения. Для минимизации этих эффектов применяются методы регуляризации, расширение данных и тщательный отбор обучающих примеров.

Таким образом, Fine-Tuning является ключевым инструментом адаптации языковых моделей, обеспечивающим баланс между эффективностью использования предварительно обученных знаний и специализацией модели под конкретные задачи. Выбор оптимального метода настройки зависит от характеристик задачи, доступных данных и вычислительных ресурсов.

Промты и промт инжиниринг. Промпт-инжиниринг (Prompt Engineering) представляет собой методологию оптимизации взаимодействия с языковыми моделями путем создания структурированных входных запросов (промптов), которые направляют модель на генерацию желаемых выходных данных. Этот подход позволяет эффективно использовать предварительно обученные модели без необходимости изменения их архитектуры или повторного обучения.

Основная идея промт-инжиниринга заключается в формулировании входных данных таким образом, чтобы явно задавать контекст, формат ответа и логику решения задачи. Например, добавление примеров (few-shot learning) или инструкций в промт позволяет модели лучше понимать специфику задачи. Методы, такие как Chain-of-Thought Prompting, стимулируют модель генерировать промежуточные рассуждения перед финальным выводом, что повышает

точность выполнения сложных задач, таких как математические вычисления или логическое мышление.

Промпт-инжиниринг особенно полезен для нейросетей с фиксированными параметрами, где тонкая настройка невозможна или нецелесообразна. Однако его эффективность зависит от качества дизайна промпта: некорректная формулировка может привести к ошибочным или несогласованным результатам. Для минимизации этого эффекта применяются стратегии систематического тестирования и оптимизации промптов, включая автоматизированный подбор параметров.

Таким образом, промт-инжиниринг является гибким и экономически эффективным инструментом адаптации языковых моделей под конкретные задачи. Его применение позволяет достигать высокой производительности при минимальных затратах ресурсов, сохраняя универсальность модели.

Дистилляция знаний. Дистилляция знаний (Knowledge Distillation) представляет собой метод передачи знаний из крупной, сложной модели (учителя) в более компактную и эффективную модель (ученика). Этот подход позволяет сохранить высокую производительность при значительном снижении вычислительной сложности и затрат на развертывание.

Основная идея дистилляции заключается в том, что "ученик" обучается не только на исходных данных, но и на выходах "учителя", которые включают как финальные предсказания, так и промежуточные представления (например, логиты или скрытые состояния). Это позволяет передать тонкие аспекты знаний, такие как уверенность модели в своих предсказаниях или контекстуальные зависимости. Для

улучшения процесса часто используется температурная коррекция (temperature scaling), которая сглаживает распределение вероятностей выходов "учителя", облегчая их интерпретацию "учеником".

Одним из ключевых преимуществ дистилляции является возможность создания легковесных моделей, пригодных для использования на устройствах с ограниченными ресурсами, таких как мобильные устройства или системы интернета вещей. При этом "ученик" демонстрирует результаты, близкие к "учителю", но требует значительно меньше вычислительных ресурсов и памяти.

Однако дистилляция сталкивается с рядом ограничений. Передача знаний может быть неполной, особенно если "ученик" существенно уступает "учителю" по размеру или архитектуре. Кроме того, качество дистилляции зависит от качества данных, используемых для обучения "ученика". Если данные содержат шум или не охватывают всю сложность задачи, это может привести к снижению точности модели.

В современных исследованиях активно развиваются гибридные подходы, такие как само-дистилляция (Self-Distillation), где модель обучается на собственных выходах после предварительного обучения. Такие методы позволяют дополнительно улучшить производительность без необходимости использования отдельной модели-учителя.

Специализированные адаптации моделей. Специализированные адаптации для доменов направлены на настройку языковых моделей под конкретные области применения, такие как медицина, юриспруденция, финансы или технические науки. Эти адаптации позволяют моделям

эффективно работать с предметно-ориентированными данными, которые часто характеризуются сложной терминологией, строгими правилами и высокими требованиями к точности.

Основным методом адаптации является тонкая настройка модели на специализированных датасетах, содержащих тексты из целевого домена. Например, в медицинской сфере это могут быть клинические записи, научные статьи или протоколы лечения. Однако доступность качественных данных часто ограничена, что требует использования дополнительных подходов, таких как синтетическая генерация данных или активное обучение (Active Learning), где модель выбирает наиболее информативные примеры для разметки.

Другим важным аспектом является расширение словарного запаса модели за счет включения терминов, специфичных для домена. Это позволяет улучшить понимание контекста и повысить точность обработки текстов. В некоторых случаях также интегрируются внешние знания, например, из онтологий или баз данных, чтобы обеспечить соответствие выводов модели формальным правилам предметной области.

Оптимизация для аппаратных средств. Оптимизация языковых моделей для аппаратных средств направлена на адаптацию их архитектуры и вычислительных процессов под возможности конкретных устройств, таких как графические процессоры (GPU), тензорные процессоры (TPU) или мобильные устройства. Этот подход позволяет повысить производительность модели, минимизировать задержки и снизить энергопотребление, что особенно важно для развертывания моделей в реальных приложениях.

Ключевым аспектом оптимизации

является снижение вычислительной сложности и объема памяти, необходимых для выполнения модели. Например, методы квантизации позволяют уменьшить точность представления весов модели (например, переход от 32-битных чисел с плавающей запятой к 16- или 8-битным форматам), что значительно ускоряет вычисления и уменьшает требования к памяти. Однако при этом важно обеспечить минимальную потерю точности, чтобы сохранить качество работы модели.

Другим важным направлением является использование разреженных сетей (Sparse Networks), где исключаются незначительные связи между нейронами. Такая структура снижает количество операций умножения-сложения, что особенно полезно для устройств с ограниченными ресурсами. Современные аппаратные платформы также поддерживают специализированные инструкции для обработки разреженных данных, что дополнительно улучшает эффективность.

Оптимизация для GPU/TPU включает адаптацию вычислений под параллельные архитектуры этих устройств. Например, механизмы внимания (Attention Mechanisms) в трансформерах могут быть переработаны для использования линейных или локальных аппроксимаций, что снижает вычислительную сложность и улучшает масштабируемость. Кроме того, батч-обработка данных и использование тензорных операций позволяют максимально задействовать вычислительные ресурсы.

Для мобильных и встраиваемых устройств применяются дополнительные методы, такие как компрессия моделей, декомпозиция матриц и создание компактных архитектур (например, TinyBERT или MobileBERT). Эти подходы позволяют

развернуть модели на устройствах с ограниченной памятью и вычислительной мощностью, сохраняя приемлемый уровень производительности.

Наконец, оптимизация для аппаратных средств требует учета особенностей целевой платформы, таких как пропускная способность памяти, тепловыделение и энергопотребление. Это достигается за счет профилирования модели на целевом устройстве и последующей корректировки её параметров, например, путем уменьшения размера батчей или изменения частоты дискретизации входных данных.

Адаптация к мультимодальным данным. Адаптация языковых моделей к мультимодальным данным представляет собой расширение их функциональности для обработки информации из различных источников, таких как текст, изображения, аудио и видео. Этот подход становится все более актуальным в условиях роста спроса на системы искусственного интеллекта, способные работать с разнородными данными и обеспечивать взаимосвязь между модальностями.

Основной задачей мультимодальной адаптации является создание единой архитектуры, которая может эффективно интегрировать данные разных типов. Например, модели могут быть обучены на парах "изображение-текст" для выполнения задач, таких как генерация описаний изображений (image captioning) или поиск изображений по текстовому запросу. Для этого используются механизмы преобразования данных в общее латентное пространство, где информация из разных модальностей может быть сопоставлена и объединена.

Одним из ключевых методов является использование мультимодальных трансформеров, которые расширяют

классическую архитектуру трансформера для обработки нескольких типов входных данных. Например, модель CLIP (Contrastive Language-Image Pretraining) обучается на больших наборах данных, содержащих пары изображений и текстовых описаний, что позволяет ей эффективно связывать визуальную и текстовую информацию. Подобные подходы также применяются в задачах, связанных с обработкой аудио и видео, например, для создания систем автоматической генерации субтитров или анализа эмоций в речи.

Однако адаптация к мультимодальным данным сталкивается с рядом сложностей. Одной из них является необходимость согласования представлений данных разных типов, что требует разработки специализированных механизмов кодирования и декодирования. Например, изображения часто представляются в виде многомерных тензоров, тогда как текстовые данные имеют последовательную структуру. Для решения этой проблемы применяются методы, такие как сверточные нейронные сети (CNN) для обработки изображений и рекуррентные сети (RNN) или трансформеры для текста.

Другой проблемой является масштабирование обучения на мультимодальных данных, так как такие модели требуют значительно больших вычислительных ресурсов и объемов данных. Это особенно важно для задач, где требуется высокая точность, например, в медицинской диагностике на основе изображений и текстовых отчетов. Для минимизации затрат применяются методы, такие как дистилляция знаний или предварительное обучение на смешанных датасетах.

Гибридные подходы. Гибридные подходы представляют собой комбинацию

различных методов оптимизации и адаптации языковых моделей, направленных на достижение синергетического эффекта. Такие подходы позволяют объединить преимущества отдельных техник, минимизируя их ограничения и повышая общую эффективность модели.

Одним из примеров гибридного подхода является сочетание тонкой настройки (Fine-Tuning) с промпт-инжинирингом. В этом случае модель предварительно адаптируется под конкретную задачу с помощью Fine-Tuning на специализированных данных, а затем дополнительно настраивается через оптимизацию входных запросов (промптов). Это позволяет достичь высокой точности при минимальных затратах ресурсов, особенно в случаях, когда доступ к данным ограничен или требуется гибкость в формулировке задач.

Еще одним эффективным гибридным методом является комбинация дистилляции знаний (Knowledge Distillation) с квантизацией. В этом подходе крупная модель-учитель передает свои знания компактной модели-ученику, которая затем подвергается квантизации для дальнейшего снижения вычислительной сложности. Такая комбинация позволяет создавать легковесные модели, сохраняющие высокую производительность и пригодные для развертывания на устройствах с ограниченными ресурсами.

Интеграция мультимодальных данных с традиционными методами обработки текста также является примером гибридного подхода. Например, добавление визуальной информации (например, изображений) к текстовым данным может улучшить качество выполнения задач, таких как генерация описаний или семантический поиск. При этом используются механизмы, такие

как мультимодальные трансформеры, которые объединяют представления разных типов данных в едином латентном пространстве.

Заключение. Как видно из представленного обзора, оптимизация и адаптация языковых моделей искусственного интеллекта представляют собой сложные и многоаспектные задачи, требующие комплексного подхода. Современные методы, такие как архитектурная оптимизация, тонкая настройка, промпт-инжиниринг, дистилляция знаний и адаптация к мультимодальным данным, позволяют значительно повысить эффективность, точность и применимость моделей в различных условиях. При этом гибридные подходы, комбинирующие несколько техник, демонстрируют особую перспективность, обеспечивая синергетический эффект и решение специфических ограничений отдельных методов.

Однако внедрение этих подходов сопровождается рядом вызовов, таких как высокие вычислительные затраты, ограниченная доступность качественных данных, риски переобучения и усиления предвзятостей, а также необходимость учета этических и интерпретационных аспектов. Эти проблемы требуют дальнейших исследований и разработки новых методологий для создания более надежных, эффективных и универсальных решений.

Таким образом, оптимизация и адаптация языковых моделей остаются ключевыми направлениями развития технологий обработки естественного языка. Их успешная реализация открывает новые горизонты для применения искусственного интеллекта в реальных приложениях, от мобильных устройств до сложных профессиональных систем. В условиях быстрого роста спроса на интеллектуальные технологии

дальнейшее совершенствование этих подходов будет играть решающую роль в формировании будущего языковых моделей и их интеграции в повседневную жизнь общества.

Библиографический список

1. Raffel C., Shazeer N., Roberts A., et al. Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer // Journal of Machine Learning Research. – 2020.

2. Radford A., Kim J. W., Hallacy C., et al. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision // Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning. – 2021.

3. Devlin J., Chang M. W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. 2019.

4. Probabilistic Robotics/ S. Thrun, W. Burgard, and D. Fox// MIT Press, 2008.

5. Brown T., Mann B., Ryder N., et al. Language Models are Few-Shot Learners //

Advances in Neural Information Processing Systems. – 2020.

6. Zhang T., Yang Z., Zhang X., et al. Low-Rank Adaptation for Large Language Models // arXiv preprint 2023

7. Playing Atari with Deep Reinforcement Learning/ V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, A. Graves, I. Antonoglou, D. Wierstra, and R. M.// Workshop on Deep Learning, NIPS, 2013.

8. Continuous Control with Deep Reinforcement Learning/ T. Lillicrap, J. Hunt, A. Pritzel, N. Heess, T. Erez, Y. Tassa, D. Silver, D. Wierstra// in ICRL, 2016.

9. Self-supervised deep reinforcement learning with generalized computation graphs for robot navigation/ Gregory Kahn, Adam Villafior, Bosen Ding, Pieter Abbeel, Sergey Levine// ICRA, 2018.

10. Successor features for transfer in reinforcement learning/ A. Barreto, W. Dabney, R. Munos, J. J. Hunt, T. Schaul, H. P. van Hasselt, D. Silver// NIPS, 2017.

11. Multi-task reinforcement learning: a hierarchical Bayesian approach/ A. Wilson, A. Fern, S. Ray, P. Tadepalli// ICML, 2007.

Информация об авторах

Грачев Арсений Александрович – аспирант 1 курса кафедры технологий искусственного интеллекта РТУ МИРЭА.
e-mail: yoyo1243@mail.ru

Information about the author

Arseniy A. Grachev – first-year postgraduate student of the Department of Artificial Intelligence, Russian Technological University (MIREA) (78, Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russia),
e-mail: yoyo1243@mail.ru

УДК 004.853

ЦИФРОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ: НЕЙРОСЕТЕВОЙ КОНСУЛЬТАНТ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ КИБЕРАТАКАМ

Н.П. Жуков¹, А.А. Остапенко¹, А.П. Васильченко²

¹Воронежский государственный технический университет

²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Аннотация: В статье рассматривается проблема оперативной выработки мер реагирования на уязвимости Common Vulnerabilities and Exposures (CVE). Предложен нейросетевой консультант, использующий дообученную языковую модель для анализа описаний CVE и автоматической генерации рекомендаций по мерам ликвидации последствий и реагирования. Разработанный инструмент может существенно помочь специалистам по ИБ в управлении уязвимостями.

Ключевые слова: информационная безопасность, кибератаки, управление уязвимостями, CVE, нейронные сети, машинное обучение, автоматизация, меры противодействия.

DIGITAL SECURITY ENGINEERING: NEURAL NETWORK CONSULTANT FOR COUNTERING CYBER ATTACKS

N.P. Zhukov¹, A.A. Ostapenko¹, A. P. Vasilchenko²

¹*Voronezh state technical University*

²*Financial University under the Government of the Russian Federation*

Abstract: The article discusses the problem of operational development of measures to respond to Common Vulnerabilities and Exposures (CVE). A neural network consultant is proposed that uses a pre-trained language model to analyze CVE descriptions and automatically generate recommendations on mitigation and response measures. The developed tool can significantly help information security specialists in vulnerability management.

Keywords: information security, cyber attacks, vulnerability management, CVE, neural networks, machine learning, automation, countermeasures.

В области цифровой инженерии обеспечения кибербезопасности эффективное управление уязвимостями (CVE) – ключевая задача. Огромный и постоянно растущий объем новых уязвимостей, ежегодно демонстрирующий существенный прирост (с более чем 29 000 в 2023 г. до 40 300 в 2024 г. по данным NVD/CVE Details), в сочетании с критичностью фактора времени реагирования (особенно при 0-day или эксплойтах) делает ручной анализ практически невозможным и повышает риск успешной реализации атак [1]. Для решения этой проблемы предлагается нейросетевой консультант, автоматизирующий выработку релевантных рекомендаций по противодействию на основе информации о CVE, что ускоряет работу специалистов по защите информации.

Для управления уязвимостями используются базы знаний: NVD, MITRE CVE, а также коммерческие/открытые базы (SecurityFocus, Vulners). Они – источники

информации, а не инструменты выработки решений. Специалистам требуется ручной анализ и формулирование плана действий. Рекомендации, если присутствуют, часто общие ("установить обновление") и не содержат конкретных шагов. MITRE ATT&CK ценен для понимания тактик, но требует интерпретации для привязки к CVE и генерации мер. Учитывая эти ограничения и критичность угроз, необходим инструмент для автоматизации и ускорения выработки адекватных мер.

Система "Нейросетевой консультант" реализована как клиент-серверная архитектура (Рис. 1) для гибкости и масштабируемости [2]. Клиентское приложение (Frontend) предоставляет интерфейс для ввода данных о CVE и отображения рекомендаций, формируя HTTP(S) запросы к серверу. Серверное приложение (Backend) на Python/FastAPI является ядром, обрабатывает запросы, извлекает данные, выполняет предобработку текста, вызывает

нейросетевую модель и возвращает JSON с рекомендациями.

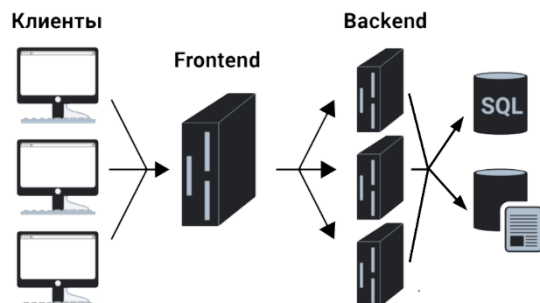


Рис. 1. Клиент-серверная архитектура

Клиентское приложение (Frontend) реализует пользовательский интерфейс для приема входных данных от пользователя (идентификатор CVE и/или его текстовое описание) и отображения рекомендаций. Оно формирует запрос к серверному приложению по протоколу HTTP(S). Серверное приложение (Backend) является ядром системы, реализованным на языке Python с использованием асинхронного фреймворка FastAPI. Оно обрабатывает запросы, извлекает данные о CVE, выполняет предобработку текста для нейросети, вызывает нейросетевую модель и возвращает сгенерированные рекомендации в формате JSON.

В качестве ядра системы, генерирующего рекомендации, выбрана и адаптирована нейросетевая модель Llama 3-3B-Instruct (3 млрд параметров) – инструкционно-следующая LLM на основе трансформерной архитектуры, способная обрабатывать последовательности до 2048 токенов. Выбор обусловлен ее эффективностью в NLG/NLP и способностью следовать инструкциям, что критично для генерации рекомендаций. Для адаптации под задачу CVE выполнено дообучение техникой

LoRA ($r=64$). Адаптация применена к модулям `q_proj`, `k_proj`, `v_proj`, `o_proj`, `gate_proj`, `up_proj`, `down_proj`. Тренировка основывалась на подходе GRPO из библиотеки TRL (метод обучения с подкреплением), проводилась с оптимизатором AdamW (5times10⁻⁶ LR, 0.1 WD), эффективным батчем 4 (1×4), 1000 шагами и градиентом 0.1[3].

Серверное приложение (FastAPI) предоставляет API для взаимодействия с моделью. Эндпоинт `/api/inference` принимает POST-запросы (JSON с текстом CVE). Вход форматируется чат-шаблоном с SYSTEM_PROMPT для задания роли и формата ответа (`<reasoning>/<answer>`, меры). Результат постобработки (декодирование, форматирование) возвращается клиенту в JSON. Асинхронность FastAPI обеспечивает эффективную обработку запросов.

Таким образом, разработан нейросетевой консультант – программный комплекс (клиент-серверная архитектура) с ядром на базе специализированно дообученной большой языковой модели. Этот инструмент направлен на автоматизацию выработки мер противодействия на уязвимости CVE. Система призвана быть помощником ИБ специалистов, ускоряя анализ, но рекомендации требуют экспертной верификации и не заменяют квалифицированный анализ.

Библиографический список

1. CVE Details: Статистика по годам // CVE Details URL: <https://www.cvedetails.com/browse-by-date.php> (дата обращения: 15.04.2025).
2. Остапенко Г.А., Васильченко А.П. Нейросетевые задачи и компетенции проектной деятельности по созданию

защищённых автоматизированных информационных систем // Информация и безопасность. 2023. Т. 26. Вып. 4. С. 579-586.

3. Модуль нейросетевой регламентации мер противодействия кибератакам / Г.А.

Остапенко, А.П. Васильченко, А.А. Остапенко, А.А. Ноздрюхин, Д.С. Покудин, Н.Н. Корвяков // Информация и безопасность. 2024. Т. 27. Вып. 2. С. 239-246.

Информация об авторах

Жуков Никита Павлович – аспирант, Воронежский государственный технический университет, e-mail: znp8b00ff@gmail.com

Остапенко Александр Алексеевич – аспирант, Воронежский государственный технический университет, e-mail: alexostap123@gmail.com

Васильченко Алексей Павлович – аспирант, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, e-mail: rainichek@yandex.ru

Information about the author

Nikita P. Zhukov – graduate student, Voronezh State Technical University, e-mail: znp8b00ff@gmail.com

Alexandr A. Ostapenko – graduate student, Voronezh State Technical University, e-mail: alexostap123@gmail.com

Alexey P. Vasilchenko – graduate student, Financial University under the Government of the Russian Federation, e-mail: rainichek@yandex.ru

УДК 004.415.53

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОТЕСТОВ: ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРОДУКТА И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ

Е.М. Кобозева¹, В.Е. Кузнецов¹

¹*Финансовый университет при правительстве Российской Федерации*

Аннотация: В данной статье рассматривается использование автотестирования программного обеспечения как одного из способов эффективности разработки продукта и повышения его качества. Выделены некоторые преимущества и недостатки внедрения автоматизированных тестов. Даны примеры успешного использования автотестов в крупных компаниях. Перечислены ключевые этапы их интеграции в разработку продукта. Сделан вывод о том, что в современных условиях автотестирование позволяет эффективно управлять качеством разрабатываемого продукта, сократить количество ошибок и дефектов.

Ключевые слова: автоматизация тестирования, тестирование, автотесты, качество продукта, приложение, рефакторинг.

USING AUTOTESTS: THE PATH TO IMPROVING PRODUCT QUALITY AND DEVELOPMENT EFFICIENCY

E.M. Kobozeva¹, V.E. Kuznetsov¹

¹*Financial University under the Government of the Russian Federation*

Abstract: This article discusses the use of automated software testing as one of the ways to effectively develop a product and improve its quality. Some advantages and disadvantages of implementing automated tests are highlighted. Examples of successful use of automated tests in large companies are given. The key stages of their integration into product development are listed. It is concluded that in modern conditions, automated testing allows you to effectively manage the quality of the product being developed, reduce the number of errors and defects.

Keywords: test automation, testing, automated tests, product quality, application, refactoring.

Быстрое развитие информационных технологий приводит к изменениям рынка.

Компаниям нужно оперативно реагировать на эти изменения и потребности рынка и

успевать выпускать новые версии продукта, не забывая поддерживать качество на высоком уровне. В каждой новой версии увеличивается сложность программного обеспечения, и ручное тестирование занимает все больше времени, теряя свою эффективность. Применение автоматизированных тестов в сложных проектах уменьшит время разработки, повысит качество кода и надёжность продукта [1].

Автоматизированное тестирование программного обеспечения – это часть процесса тестирования на этапе контроля качества при разработке программного обеспечения (ПО). Для проведения автотестов используют специализированные программные средства [2].

Существует несколько основных типов автотестов, каждый из которых предназначен для решения определенных задач на разных этапах разработки. Рассмотрим кратко каждый из них.

1. Модульные тесты (Unit Tests) – разрабатываются для проверки отдельных частей модулей программы на предмет их корректности. Они проверяют соответствие кода стандартам разработки, а также способ реализации методов и функций. Раньше их писали только разработчики, но сегодня могут и автоматизаторы тестирования.

2. Дымовые тесты (Smoke Tests) – небольшой набор функциональных тестов, покрывающих базовый функционал приложения. Обычно их используют для проверки работоспособности приложения после новой сборки.

3. API-тесты – проверяют интерфейс прикладного программирования (API), а именно – функционирует ли API так, как ожидается: возвращает корректные ответы на запросы, соблюдает требования к производительности, функциональности,

безопасности и масштабируемости.

4. Интеграционные тесты (Integration Tests) – проверяют работу приложения, когда несколько или все модули соединены вместе. Данный вид тестирования выполняется через API либо через пользовательский интерфейс приложения.

5. Тесты пользовательского интерфейса (UI Tests) – проводятся на уровне фронтов продукта: проверяется дизайн сайтов или приложений, его соответствие макетам, удобство навигации, функциональность и адаптивность верстки на разных устройствах.

6. Регрессионные тесты (Regression Tests) – проводятся в конце тестирования нового модуля, чтобы убедиться, что остальные модули, которые не изменялись, работают без ошибок [3].

7. Тесты безопасности (Security Tests) – проверяют приложение или сайт на наличие уязвимостей. Такие тесты бывают функциональными и нефункциональными. К функциональным относится проверка аутентификации и авторизации, к нефункциональным – проверка системы на устойчивость к SQL-инъекциям, межсайтовому скриптингу и многим другим уязвимостям.

8. Тесты производительности (Performance Tests) – проверяют стабильность программы или сайта при высоких и стрессовых нагрузках, а также возможности масштабируемости приложения [3].

9. Приемочные тесты (Acceptance Tests) – выполняются на финальном этапе тестирования приложения или сайта. Проводят их обычно в присутствии заказчика, который проверяет, насколько система соответствует потребностям организации и бизнес-требованиям.

Рассмотрим некоторые преимущества внедрения автотестов (таблица 1) [4].

Таблица 1 Преимущества автоматизированного тестирования

Преимущество	Сущность
Улучшение качества приложения	Автотесты повышают тестовое покрытие, могут выявлять ошибки сразу после правок кода программы, уменьшают вероятность попадания багов в итоговую версию продукта
Экономия времени	Ручное тестирование всех возможных сценариев занимает у тестирующих много времени. Особенно это нецелесообразно, когда необходимо проверять один и тот же функционал после доработок. Автотесты позволят избежать таких временных затрат, т. к. их можно запускать многократно, после каждой доработки
Отсутствие человеческого фактора	Люди иногда ошибаются, если болеют, имеют личные проблемы и т. д. Автотестирование исключает данный фактор, программа работает всегда одинаково
Поддержка рефакторинга	Программу систематически необходимо переводить на новые технологии без изменения функционала, т. е. проводить рефакторинг кода. Использование автотестов в таких случаях дает уверенность в том, что доработки не привели к новым ошибкам
Возможность нагрузочного тестирования	Автотесты могут смоделировать нагрузку с большим количеством пользователей приложения или сайта, тем самым помогая проверить стабильность системы. С помощью ручных тестов это практически невозможно сделать

Несмотря на эффективность автоматизированных тестов, они имеют и свои недостатки, основные из которых приведены в таблице 2 [5].

Таблица 2 Недостатки автоматизированного тестирования

Недостатки	Сущность
Значительное время на разработку автотестов	На разработку качественных тестов требуется немало времени и финансов
Обязательное наличие сотрудников с высокой квалификацией	Чтобы использовать инструменты автоматизации, сотрудникам нужны навыки написания кода
Отсутствие фантазии	Автотесты выполняют проверку только тех частей программы, для которых они написаны. Они не умеют находить ошибки в местах, не покрытых кодом.
Необходимость рефакторинга автотестов	После доработки функционала приложения необходимо дорабатывать и автотесты, чтобы повысить покрытие тестами. Также систематически необходимо проводить рефакторинг кода тестов

В России одним из примеров успешного применения автоматизированного тестирования на практике является веб-сервис «Наигру», который занимается организацией спортивных игр. Со временем в этом

сервисе добавилось множество новых механик, усложнивших структуру. При добавлении нового функционала возникали ошибки там, где не ожидали – чаще всего в стабильном функционале. В итоге веб-

сервис «Наигру» автоматизировал проверку всех основных сценариев поведения человека (регистрация/авторизация пользователей, создание и редактирование игры, запись на игру, отписка игрока от тренировки, запись в резерв, переход в основной состав). Как итог, веб-сервис стал намного стабильнее, был настроен автозапуск тестов на этапе публикации изменений, а также отправка результатов тестов на почту сотрудникам, ответственным за проект, соответственно, проблемы в случае их возникновения решались оперативно [6].

Еще одна компания, использующая автотесты, – «Азбука вкуса». После очередной доработки функционала в проекте «экспресс-меню» требовалось 24-45 часов тестирования за спринт, при этом времени на тестирование выделялся всего один день в рамках спринта. Вариантов решения проблемы у компании было два: увеличение нагрузки на сотрудников или автоматизация. Был выбран второй вариант. Компания использовала Gherkin (в простонародье «птичий» язык) для «строительства» автотестов, и за два месяца 25 % ручных тестов перевели в автоматизацию. Это позволило сократить время на ручные проверки в 12 раз (ручной прогон 25 % функционала занимал 2 часа, после написания АТ – 10 минут).

В банковской сфере применяют автотестирование «Росбанк» и «Металлинвест-банк». Эти банки вместе с аутсорсинговой компанией «Диасофт» успешно внедрили автотесты в бухгалтерские системы и значительно ускорили регрессионное тестирование.

В игровой индустрии активно использует автотесты компания «Room 8».

Предприятие специализируется на создании игр для большого количества разных платформ, таких как Microsoft, Nintendo, Ubisoft, Sony, Gameloft, Take2, EA. Автотесты значительно ускорили разработку и обеспечили высокое качество игр от «Room 8».

При внедрении автоматизированного тестирования в проект выделяют несколько этапов [5].

Первый этап – анализ проекта и определение целей автоматизации. Без точно поставленной цели нельзя переходить к дальнейшим этапам. Целью может быть ускорение разработки, повышение качества продукта либо возможность проведения нагрузочных тестов.

Второй этап – определение видов тестов, которые планируется переводить на автоматизацию в рамках проекта. У каждого вида свои особенности и область применения.

Третий этап – подбор корректных инструментов для внедрения автотестов. Например, для юнит-тестов популярны библиотеки JUnit на Java либо Pytest на Python. Для тестирования пользовательского интерфейса чаще всего используют библиотеки Selenium WebDriver, Playwright или TestCafe. Для тестирования интерфейса прикладного программирования (API) пользуются программами Postman или Karate.

Четвертый этап – интеграция автотестов в процесс разработки, чтобы тесты могли автоматически запускаться при каждой сборке приложения, т. е. внедрить CI/CD-конвейер. Наиболее популярные инструменты – Jenkins, GitLab CI, TeamCity.

Пятый этап – обучение команды

работе с автоматизированными тестами. Нужно систематически устраивать мастер-классы и встречи с целью обмена знаниями. Также можно привлекать экспертов из других компаний для передачи опыта.

Шестой этап – мониторинг работающих тестов, а также постоянное их улучшение. Необходимо постоянно повышать процент покрытия тестами: чем он выше, тем надежнее приложение. Проверить покрытие можно с помощью Coverage.py и dotCover. Также нужно не забывать следить за актуальными технологиями и проводить рефакторинг для повышения стабильности.

Седьмой этап – регулярный анализ проведенной работы. Каждый месяц или два необходимо анализировать работу автотестов, обсуждать выявленные проблемы и искать пути их решения [8].

Таким образом, автоматизация тестирования – это не просто тренд, она необходима для эффективного управления качеством программного обеспечения. Автотесты помогают также ускорить разработку ПО, уменьшить вероятность пропуска ошибок в работе приложений. При этом современные инструменты автоматизации легко подстраиваются под нужды любого проекта.

Информация об авторах

Кобозева Елена Михайловна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры математики и информатики, Финансовый университет при правительстве Российской Федерации (350051, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Шоссе Нефтяников, д. 32), e-mail: alena.cobozeva@yandex.ru, тел. 8-918-446-9449

Кузнецов Владимир Евгеньевич – студент, кафедра математики и информатики, Финансовый университет при правительстве Российской Федерации (350051, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Шоссе Нефтяников, д. 32), e-mail: vladimir_kuznecov_98@mail.ru, телефон 8-929-839-5651

Библиографический список

1. Руководство Selenium [Электронный ресурс]
<https://www.selenium.dev/documentation/>
(дата обращения: 17.06.2025).
2. Молчан А.С., Бурмос А.А. А/В-тестирование как инструмент управления рисками современной компании // Управление социально-экономическим развитием регионов: проблемы и пути их решения. Сборник научных статей 15-й Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. - Курск, 2025. – С. 337-341.
3. Виды автоматизированного тестирования [Электронный ресурс]
<https://qarocks.ru/types-of-automation-testing/> (дата обращения: 27.05.2025)
4. Документация PyTest [Электронный ресурс]
<https://docs.pytest.org/en/stable/index.html>
(дата обращения: 17.06.2025).
5. Автоматизированное тестирование [Электронный ресурс]
https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированное_тестирование (дата обращения: 20.06.2025).
6. В.Н. Пероцкая, Д.А. Градусов Основы тестирования программного обеспечения. - ВЛГУ, 2017. – 100 с.

Information about the author

Kobozeva Elena Mikhailovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics and Computer Science, Financial University under the Government of the Russian Federation (350051, Krasnodar Territory, Krasnodar, Highway Neftyanikov, 32), e-mail: alena.cobozeva@yandex.ru, tel. 8-918-446-9449

Kuznetsov Vladimir Evgenievich – student, Department of Mathematics and Computer Science, Financial University under the Government of the Russian Federation (350051, Krasnodar Territory, Krasnodar, Highway Neftyanikov, 32), e-mail: vladimir_kuznecov_98@mail.ru, phone 8-929-839-5651

УДК004.93

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ YOLO8 ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ДЕФЕКТОВ СТЕКЛЯННЫХ БУТЫЛОК

В.В. Шамшурин¹, Г.А. Благодатский¹, М.В. Боднар¹

¹*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашикова*

Аннотация: В статье рассматривается применение различных конфигураций сверточной искусственной нейронной сети YOLO8 для распознавания визуальных дефектов дна, венчика и тела стеклянных бутылок. Проведен анализ точности распознавания различными конфигурациями нейронной сети YOLO8 визуальных дефектов стеклянных бутылок. Рассмотрено влияние характеристик изображения на точность обнаружения дефектов.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть, YOLO8, машинное зрение, контроль качества, распознавание образов, обработка изображений.

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF VARIOUS YOLO8 CONFIGURATIONS IN DETECTING DEFECTS IN GLASS BOTTLES

V.V. Shamshurin¹, G.A. Blagodatsky¹, M.V. Bodnar¹

¹*Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

Abstract: The article discusses the use of various configurations of the YOLO8 convolutional artificial neural network for recognizing visual defects in the bottom, crown, and body of glass bottles. The accuracy of recognition of visual defects of glass bottles by various configurations of the YOLO8 neural network is analyzed. The influence of image characteristics on the accuracy of defect detection is considered.

Keywords: convolutional neural network, YOLO8, machine vision, quality control, pattern recognition, image processing.

Проблема дефектов является серьезной проблемой в производстве стеклотары. Существуют различные типы дефектов, которые могут возникнуть, включая трещины, царапины и волдыри. Вышеуказанные типы дефектов согласно ГОСТ Р 54474-2011 могут быть отнесены как к классам малозначительных или незначительных несоответствий, так и критических несоответствий [1]. Для определения возможных причин возникновения дефекта требуется с высокой точностью определить его тип. Для проверки качества продукции используются автоматизированные системы контроля (инспекционные машины). При помощи системы разнообразных датчиков, видеокамер и специализированного программного обеспечения,

инспекционные машины распознают несоответствие конечной продукции заданным параметрам. Ввиду существующих особенностей производств стеклянной продукции, наибольшее распространение получают системы визуального контроля, использующие технологии машинного или, иначе, компьютерного зрения [2, 3]. Современные технологии компьютерного зрения играют ключевую роль в автоматизации процессов обработки и анализа изображений. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является использование моделей глубокого обучения для решения задач обнаружения объектов на изображении [4]. Среди множества существующих архитектур искусственных нейронных сетей, модель YOLO (You Only Look Once)

зарекомендовала себя как одна из самых эффективных и быстрых для реального времени [5]. В рамках данной работы проведено исследование и анализ применения различных версий YOLOv8 для обнаружения дефектов дна, тела и венчика стеклотары. Эффективная автоматизация процессов обнаружения дефектов может значительно повысить качество и скорость обработки, а также снизить затраты на производство готовой продукции.

YOLOv8 - семейство моделей обнаружения объектов на базе YOLO от Ultralytics. Обеспечивает единую структуру для обучения моделей для выполнения обнаружения объектов, сегментации экземпляров и классификации изображений.

Варианты модели YOLOv8:

n – является самой легкой и быстрой в серии YOLOv8, разработанной для сред с ограниченными вычислительными ресурсами. Содержит около 3,2 миллионов параметров.

s – базовая моделью серии. Содержит около 11,2 миллионов параметров. Данная модель обеспечивает баланс между скоростью и точностью.

m – позиционируется как модель среднего уровня, обеспечивающая оптимальный компромисс между вычислительной эффективностью и точностью. Содержит около 25,9 миллионов параметров.

l – разработана для приложений, требующих более высокой точности. Содержит примерно 43,7 миллионов параметров.

x – самая большая и мощная модель в семействе YOLOv8. Содержит около 68,2 миллионов параметров [6].

Целью исследования является сравнение точности классификации визуально-наблюдаемых дефектов стеклянных бутылок различными моделями YOLOv8. Для

достижения поставленной цели необходимо решить ряд сложных научно-практических задач: Провести исследование и выполнить анализ применения различных версий YOLOv8 (n,s,m,l,x) для дна, тела, венчика стеклотары на основе обучения на наборах фотографий с различными характеристиками: исходными, обрезанными, с шумом, различными яркостью и контрастностью.

Для решения поставленных задач исследования выполнен ряд работ:

- Сформирован набор данных, содержащий изображения дна, тела и венчика стеклотары.

- Применены методы предобработки изображений для улучшения качества входных данных.

- Проведено тестирование каждой версии YOLOv8 на отложенной выборке данных и обработаны результаты.

Подготовка датасета для будущей модели нейронной сети. Подготовка и разметка данных проводилась с помощью сервиса «Roboflow» [7]. Перед началом работы с разметкой, было собрано 450 изображений (венчика, тела и дна стеклотары). Примеры изображений венчика, дна и тела бутылки, вошедших в датасеты приведены на рис. 1.

После формирования датасетов изображений бутылок с присутствующими визуальными дефектами требуется произвести аннотирование изображений. Для данных изображений использовались 4 класса — трещины, сколы, волдыри, инородные тела [8, 9]. Аннотирование заключалось в выделении и присваивании нужного класса области, которую нужно будет впоследствии детектировать. Пример аннотированного изображения представлен на рис. 2.

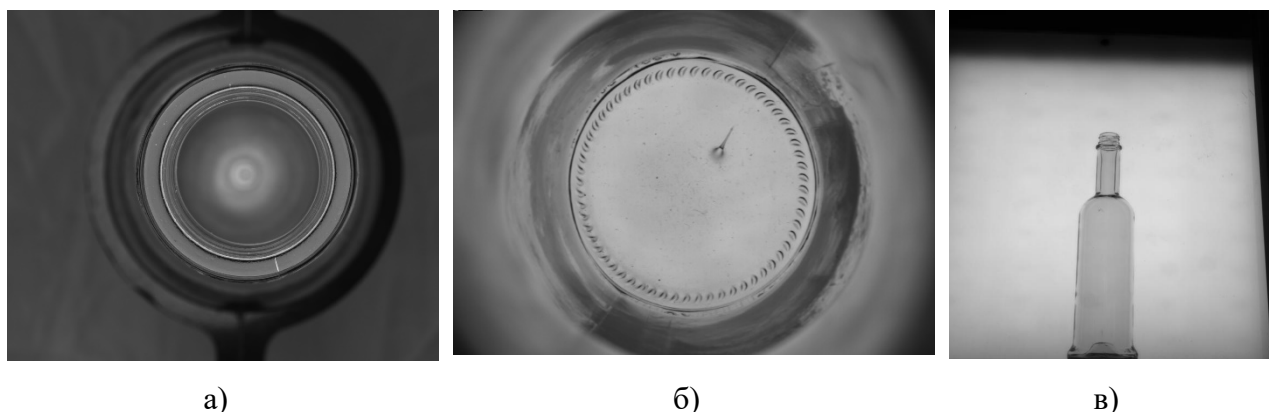


Рис. 1. Изображения образцов датасетов: а) венчик бутылки, б) дно бытылки, в) тело бутылки

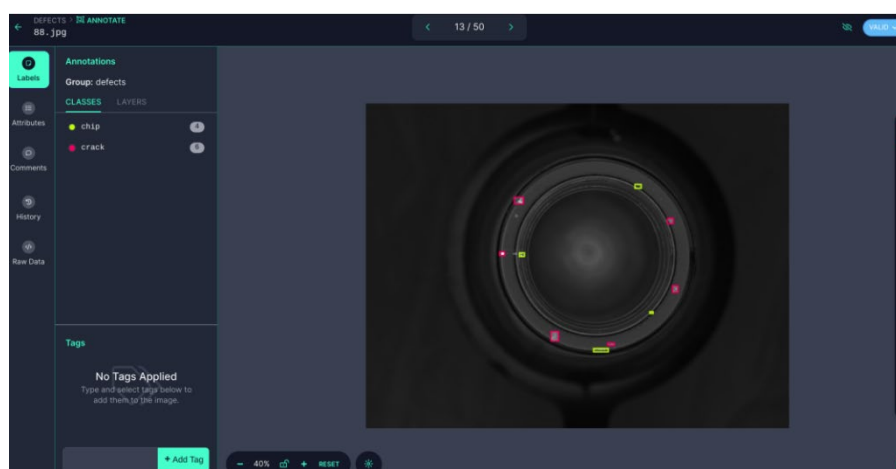


Рис. 2. Процесс аннотирования изображений

После аннотирования сервис позволяет провести предварительную обработку изображений [10, 11], а именно:

- Автоматическая ориентация — позволяет повернуть изображение так, чтобы они были одной ориентации.

- Изменения размера — изменяет разрешение изображения (ширина, длина в пикселях), которое укажет пользователь. Во время детекции изображения будут преобразованы в разрешении, так что будет хорошей практикой изменить размеры всех изображений в датасете.

- Изменить название класса — в случае если нужно переназначить название используемых классов.

- Автоматическая настройка контраста — увеличивает контрастность на основе гистограммы изображения для улучшения нормализации и распознавания в различных условиях освещения.

- Оттенки серого — объединяет цветовые каналы, чтобы сделать модель более быстрой и нечувствительной к цвету объекта.

Также сервис предоставляет возможность расширить датасет с помощью дополнительной обработки изображений, а именно:

- Переворот — делает горизонтальные или вертикальные перевероты, чтобы сделать модель нечувствительной к

ориентации объекта.

– Обрезка — изменяет положение и размер, чтобы сделать модель более устойчивой к перемещению объектов и положению камеры.

– Вращение — поворачивает изображение на определенный градус, чтобы сделать модель более устойчивой к поворотам камеры.

– Насыщенность — настраивает яркость цветов на изображениях.

– Шум — добавляет шум, чтобы

сделать модель более устойчивой к шумам камеры.

– Яркость — позволяет изменять яркость изображения, чтобы сделать модель была более устойчивой к изменениям освещения [12].

Исследование точности распознавания обученных моделей для дна стекло-тары. В процессе обучения моделей нейронной сети были получены показатели точности распознавания набора данных [13] изображений дна, представленные в табл. 1.

Таблица 1 Сравнительная характеристика точности моделей для набора данных изображений дна

Характеристики	Модели				
	YOLOn	YOLOs	YOLOm	YOLOl	YOLOx
mAP50	0.48802	0.51072	0.47867	0.52974	0.54254

По полученным коэффициентам точности можно определить, что YOLOx версии, должна быть более точной по сравнению с другими версиями. Наглядно данное

представлено на рис. 3, где отражается, что модель X обработала фотографию точнее и смогла распознать дефекты меньшего размера, чем в модель L.



а)



б)

Рис. 3. Результат распознавания дефектов дна: а) изображение, обработанное X версией б) изображение, обработанное L версией

По результатам анализа распознавания дефектов для набора изображений дна можно сделать выводы, что YOLO версии

X показала себя лучшей среди остальных испытываемых моделей с точностью распознавания - 0.54254. Зависимость изменения

характеристик изображения на точность распознавания — достаточно высокая, было выявлен наилучший показатель точности при одновременном повышении яркости и контрастности, в связи с тем, что цветовая палитра на фотографиях ближе к темным тонам чем к светлым. Наихудшая — при повышенном шуме.

Исследование точности распознавания обученных моделей для тела стеклотары. В процессе обучения моделей нейронной сети были получены показатели точности обработки наборов данных изображений тела бутылки, представленные в табл. 2.

Таблица 2 Сравнительная характеристика точности моделей для набора данных изображений тела

Характеристики	Модели				
	YOLOn	YOLOs	YOLOm	YOLOl	YOLOx
mAP50	0.25367	0.25437	0.15703	0.19542	0.13659

По полученным коэффициентам точности можно определить, что YOLOs версии, должна быть более точной по сравнению с другими версиями. Тем не менее, все версии системы демонстрируют заметно низкую точность распознавания. В

частности, низкое качество изображений негативно сказывается на производительности алгоритмов. Наглядно сравнение определения дефекта тела для модели YOLOs и YOLOl представлено на рис. 4.

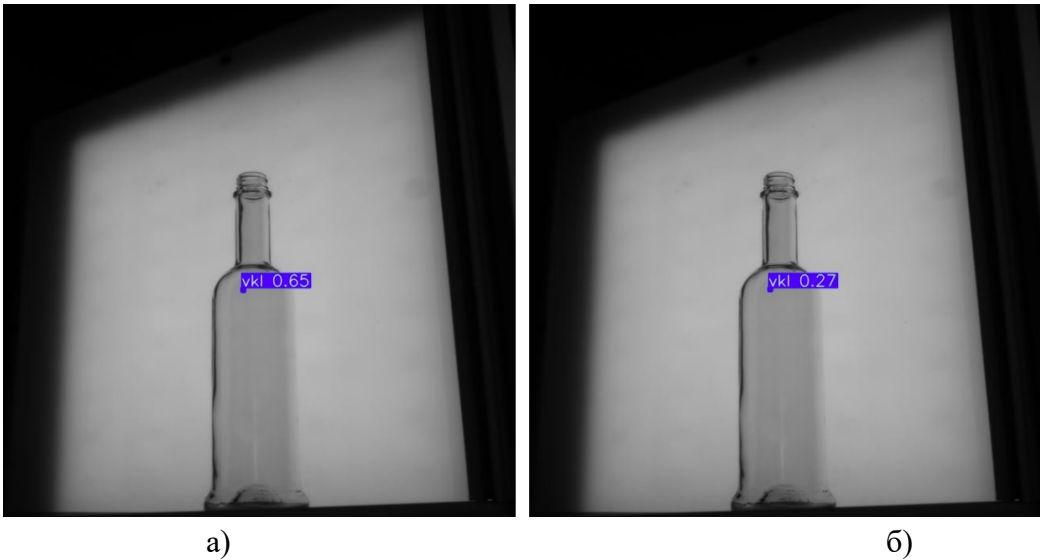


Рис. 4. Результат распознавания дефектов тела: а) изображение, обработанное S версией б) изображение, обработанное L версией

По результатам работы можно сделать выводы: YOLO версии S показала себя лучшей среди остальных испытываемых моделей с точностью распознавания -

0.25437. Зависимость изменения характеристик изображения на точность распознавания — достаточно высокая, было выявлен наилучший показатель точности при

одновременном повышении яркости и контрастности, в связи с тем, что цветовая палитра на фотографиях ближе к темным тонам чем к светлым. Наихудшая — при

повышенном шуме. Сравнение результата распознавания оригинального и откорректированного изображения представлено на рис. 5.



Рис. 5. Сравнение результатов распознавания дефектов тела: а) оригинальное изображение б) изображение с повышенной яркостью и контрастностью

Исследование точности распознавания обученных моделей для венчика стеклотары. В процессе обучения моделей нейронной сети были получены показатели точности определения дефектов на наборах данных изображений венчика бутылок, представленные в табл. 3.

Таблица 3 Сравнительная характеристика точности моделей для набора данных изображений венчика

Характеристики	Модели				
	YOLOn	YOLOs	YOLOm	YOLOl	YOLOx
mAP50	0.33113	0.25871	0.2699	0.26284	0.25385

По полученным коэффициентам точности можно определить, что YOLOn версии, должна быть более точной по сравнению с другими версиями. Тем не менее, все версии системы демонстрируют заметно низкую точность распознавания, что можно объяснить недостатками в качестве исходного датасета. В частности, низкое качество большинства изображений негативно сказывается на производительности алгоритмов.

Далее был проведен анализ зависимости изменения характеристик изображения на точность распознавания объектов нейросетью. Примеры приведены ниже.

По результатам работы можно сделать выводы: YOLO версии N показала себя лучшей среди остальных испытываемых моделей с точностью распознавания - 0.33113. Зависимость изменения характеристик изображения на точность распознавания — достаточно высокая, наилучшего

показателя точности при изменении характеристик изображения не было выявлено, на оригинальных изображениях процесс детекции продемонстрировал наилучшие результаты. Наихудшая — при повышенном

шуме. Сравнение распознавания дефектов на оригинальном изображении и изображении с увеличенными яркостью и контрастностью представлены на рис. 6.

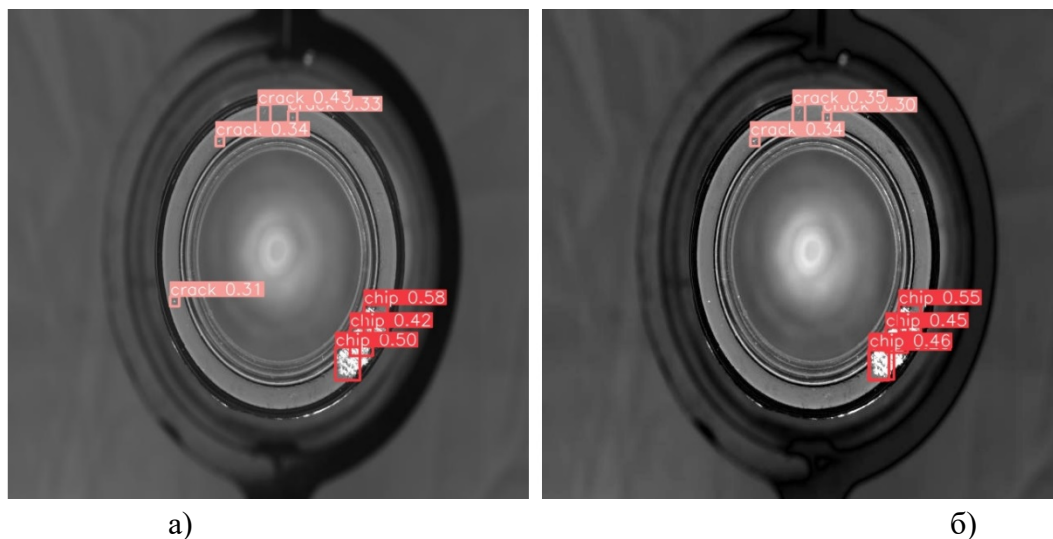


Рис. 6. Сравнение распознавания дефектов на оригинальном изображении и изображении с увеличенными яркостью и контрастностью: а) оригинальное изображение б) изображение с повышенной яркостью и контрастностью

Рассмотрев возможность использования различных моделей сверточной нейронной сети YOLOv8 для определения и классификации дефектов в ходе исследования выявлено, что показатели точности определения дефектов выше у следующих моделей:

- для набора изображений дна — 0.54254 средней точности детекции у версии YOLOx;

- для набора изображений тела — 0.25437 средней точности детекции у версии YOLOs.

- для набора изображений венчика — 0.33113 средней точности детекции у версии YOLOn.

Также, рассмотрев влияние характеристик изображения на точность детекции можно сделать выводы: оптимизация

контрастности изображений может значительно улучшить точность детекции нейронной сети, что положительно сказывается на результатах в то время, как повышенный уровень шума негативно сказывается на точности детекции, вызывая пропуски дефектов. При этом следует отметить, что для набора изображений венчика лучшие результаты получены на необработанных изображениях.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов на проведение научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», проект № МСА-2025рг.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 54474-2011. Тара стеклянная. Правила приемки на основе выборочного контроля по альтернативному признаку.

2. Claypo, N. Inspection System for Glass Bottle Defect Classification based on Deep Neural Network / N. Claypo, S. Jaiyen, A. Hanskunatai // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. – 2023. – Vol. 14, No. 7.
3. Malesa, M. Quality Control of PET Bottles Caps with Dedicated Image Calibration and Deep Neural Networks / M. Malesa, P. Rajkiewicz // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21, No. 2. – P. 501. – DOI 10.3390/s21020501. – EDN GJGFYN.
4. Нейронные сети как способ моделирования процессов / Г. А. Благодатский, Д. Е. Докучаев, М. М. Горохов, Л. Г. Саетова // *Социально-экономическое управление: теория и практика*. – 2020. – № 4(43). – С. 60-64. – EDN AQVBCM.
5. Филичкин, С. А. Сравнение эффективности алгоритмов YOLOv5 и YOLOv8 для обнаружения средств индивидуальной защиты человека / С. А. Филичкин, С. В. Вологдин // *Интеллектуальные системы в производстве*. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 124-131. – DOI 10.22213/2410-9304-2023-3-124-131. – EDN PIVAJM.
6. Yaseen, M. (2024). What is YOLOv8: An in-depth exploration of the internal features of the next-generation object detector. In arXiv [cs.CV]. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2408.15857>.
7. Цурихин, О. И. Процесс создания выборки для обучения нейросети с помощью Roboflow / О. И. Цурихин, В. В. Сокольников // *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. – 2024. – № 1-2(31-32). – С. 58-61. – EDN ODYHBM.
8. X. Zhou, Y. Wang, Q. Zhu, J. Mao, C. Xiao, X. Lu, and H. Zhang, “Automated Visual Inspection of Glass Bottle Bottom With Saliency Detection and Template Matching,” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 68, no. 11, pp. 4253-4267, 2019.
9. X. Zhou, Y. Wang, Q. Zhu, J. Mao, C. Xiao, X. Lu and H. Zhang, “A Surface Defect Detection Framework for Glass Bottle Bottom Using Visual Attention Model and Wavelet Transform,” in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 4, pp. 2189-2201, 2020.
10. Шалеев, А. В. Методы предварительной обработки изображений для повышения качества регистрации в системах компьютерного зрения / А. В. Шалеев, А. И. Елизаров // *Двадцать восьмая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных (ВНКСФ-28): Материалы конференции. Информационный бюллетень. Сборник тезисов докладов*. В 1 т., Новосибирск, 01–06 апреля 2024 года. – Новосибирск: Ассоциация студентов-физиков и молодых учёных России, 2024. – С. 319-320. – EDN XDMNCO.
11. Щербаков, А. В. Подготовка набора данных для обучения нейронной сети системы компьютерного зрения / А. В. Щербаков, С. В. Баталин, А. М. Борисевский // *Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: сборник научных докладов V Международной конференции*, Москва, 30 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 348-353.
12. Паластрова, В. Ю. Особенности модели нейронной сети для детекции объектов на изображении / В. Ю. Паластрова // *Проблемы и перспективы развития АПК региона: Материалы Межвузовской научно-практической конференции*, Пермь, 30 ноября 2023 года. – Пермь: ИПЦ

Прокрость, 2023. – С. 143-148. – EDN HEITSZ.

13. Ultralytics YOLOv8 Docs.

Performance Metrics Deep Dive. URL: <https://docs.ultralytics.com/guides/yoloperformance-metrics/> (дата обращения: 29.4.2025).

Информация об авторах

Шамшурин Виталий Викторович – ассистент кафедры «Сети связи и телекоммуникационные системы», аспирант группы A24-281-1, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» (426069, Россия, г. Ижевск, ул.Студенческая, 7), e-mail: tender-unir@istu.ru

Благодатский Григорий Александрович – д-р техн. наук, доц., профессор кафедры «Информационные системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» (426069, Россия, г. Ижевск, ул.Студенческая, 7), e-mail: g.a.blagodatsky@istu.ru

Боднар Мирослав Владимирович – магистрант кафедры «Информационные системы», группы M24-791-1, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» (426069, Россия, г. Ижевск, ул.Студенческая, 7), e-mail: mirik01@mail.ru

Information about the author

Shamshurin Vitaliy Viktorovich – assistant of the Department of Communication Networks and Telecommunication Systems, postgraduate student of group A24-281-1, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Kalashnikov Tech (7 Studencheskaya str., Izhevsk, 426069, Russia), e-mail: tender-unir@istu.ru

Blagodatsky Grigoriy Alexandrovich – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the Department of Information Systems, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Kalashnikov Tech (7 Studencheskaya str., Izhevsk, 426069, Russia), e-mail: g.a.blagodatsky@istu.ru

Bodnar Miroslav Vladimirovich – master's student of the Department of Information Systems, groups M24-791-1, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Kalashnikov Tech (7 Studencheskaya str., Izhevsk, 426069, Russia), e-mail: mirik01@mail.ru

УДК 656.015

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ

Д.С. Ухин¹, В.П. Морозов¹

¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: В статье рассматривается проблема недостаточной прозрачности работы системы оплаты парковочных мест в случаях вынесения штрафов. Рассматривается программное решение проблемы и потенциальные последствия его внедрения

Ключевые слова: временной интервал нарушения правил парковки, платная парковка, программное решение, фотофиксация нарушения, штраф

IMPROVEMENT OF THE PARKING PAYMENT SYSTEM BASED ON SOFTWARE SOLUTIONS

D.S. Ukhin¹, V.P. Morozov¹

¹*Voronezh state technical University*

Abstract: The article examines the problem of insufficient transparency of the parking payment system in cases of fines. A software solution to the problem and potential consequences of its implementation are considered.

Keywords: time interval of parking violation, paid parking, software solution, photo-fixation of violation, fine

В современных городах автомобили
являются одним из ключевых способов

передвижения, но также из-за них возник-
ают заторы, мешающие как проезду

других транспортных средств, так и прохождению пешеходам. В крупных городах нехватка парковочных мест становится серьёзной проблемой, которая влияет на безопасность дорожного движения, экологическую ситуацию и качество жизни горожан. Система платных парковок является одним из инструментов регулирования спроса на парковочные места и управления транспортной нагрузкой. Она позволяет стимулировать более эффективное использование парковочного пространства, снижать уровень загруженности дорог и улучшать ситуацию с парковкой в целом. Так, в Москве за период с 2012 по 2017й год скорость передвижения автотранспорта увеличилась на 12%, а также на 25% сократилось количество в пределах Садового кольца [1].

Актуальность темы совершенствования информационной системы оплаты парковочных мест (ИСОПМ) обусловлена необходимостью поиска новых подходов и решений, которые позволят оптимизировать использование парковочного пространства, сделать систему более удобной и доступной для пользователей, а также повысить её эффективность и открытость.

Целью статьи является разработка рекомендаций по совершенствованию программных решений ИСОПМ на основе анализа существующих подходов, проблем и перспектив развития.

Одна из существующих основных проблем ИСОПМ заключается в том, что при выписке штрафов водителям транспортных средств не указывается конкретный временной интервал, имевшего место нарушения правил парковки. В результате водители транспортных средств не понимают, за что им выписан штраф. У пользователей ИСОПМ возникает недовольство её работой и растёт к ней недоверие. Это

приводит к увеличению количества обращений в службы поддержки системы, а также в администрации городов и суды. В итоге службы поддержки и административные органы перегружаются потоком таких обращений и, как следствие, уделяют меньше внимания на рассмотрение действительно важных дел.

Другая проблема заключается в том, что в сформированных извещениях о нарушении оплаты парковки имеет место перекрытие неоплаченного интервала времени парковки автомобиля клиентом с общим интервалом парковочной сессии. То есть интервала времени, в течение которого парковка не была оплачена клиентом, просто не видно. В итоге клиент начинает действовать по такому же сценарию, как и в первом случае (в рамках первой проблемы), что приводит к аналогичным последствиям – снижению эффективности работы соответствующих служб и административных органов.

Суть третьей проблемы, возникающей в рамках функционирования ИСОПМ, связана с полной оплатой клиентом парковочного времени, но для неверной зоны парковки. Другими словами, транспортное средство клиента было припарковано в одной зоне парковки, а он внёс оплату за стоянку автомобиля в другой парковочной зоне. Оплата парковочных мест в различных зонах некоторых городов (например, в Казани) отличается. В таком случае неоплаченное время не отобразится в уведомлении о нарушении и у пользователя возникнет ещё больше вопросов.

В интересах решения данных проблем целесообразно в формируемые извещения о нарушениях правил парковки включать неоплаченные интервалы времени стоянки транспортного средства за всю

длительность парковочной сессии, а также информировать клиента об оплате неправильной зоны парковки.

Эти решения позволят повысить прозрачность функционирования ИСОПМ и тем самым снизить число обращений клиентов в административные органы с целью оспаривания назначенных штрафов.

Реализовать данные решения

возможно путём внесения изменений в общий программный код ИСОПМ.

На рисунке 1 представлен фрагмент структурной схемы ИСОПМ с программными модулями, в которых реализованы процессы идентификации нарушений правил парковки и формирования извещений о штрафах.

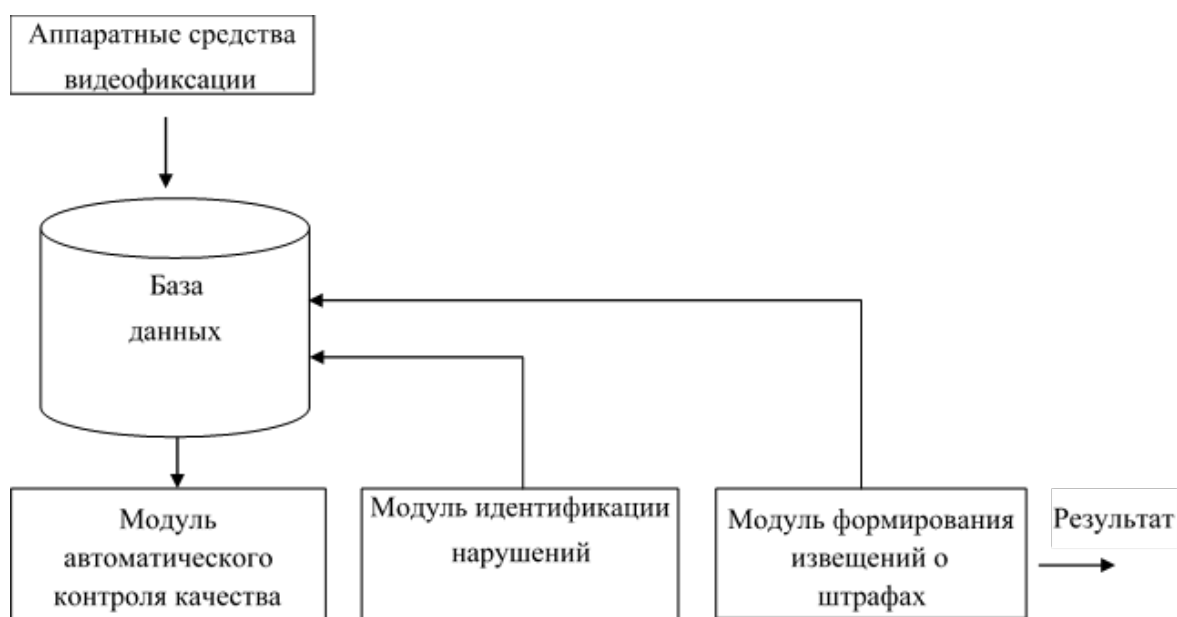


Рис. 1. Фрагмент структурной схемы ИСОПМ

Программные изменения в общий код ИСОПМ, связанные с включением неоплаченных интервалов времени стоянки транспортного средства за всю длительность парковочной сессии и указанием оплаты неправильной зоны парковки, необходимо внести в модуль формирования извещений о штрафах. В данный модуль поступает информация из модуля идентификации нарушений, которая прошла верификацию инспектором, который вскрывает факты нарушений путём визуального анализа кадров, полученных системой фотофиксации. В технологическом плане требуемые изменения в общую программу системы, которая

написана на языке программирования 1С, внесены в виде специальной библиотеки, разработанной на этом же языке программирования. Преимущества такого подхода заключаются в том, что: во-первых, в библиотеку включены алгоритмы решения типовых задач (типовых изменений) и это сокращает общее время разработки системы, во-вторых, использование библиотеки предполагает применение единого подхода к разработке системы, что упрощает масштабирование системы и её поддержку, в-третьих, в случае реконфигурирования системы, библиотеки обновляются автоматически [2].

Скриншоты извещений о нарушениях правил парковки с включёнными неоплаченными интервалами времени стоянки транспортного средства за всю

длительность парковочной сессии и информации об оплате неправильной зоны парковки, приведены на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Скриншот извещения о нарушениях правил парковки с неоплаченным интервалом времени



Рис. 3. Скриншот извещения о нарушениях правил парковки с неправильно оплаченной зоной парковки

Таким образом, включение в формируемые извещения о нарушениях правил

парковки информации о неоплаченных интервалах времени стоянки транспортного

средства за всю длительность парковочной сессии и об оплате неправильной зоны парковки, реализованное программным путём, повышает прозрачность функционирования ИСОПМ. Это снизит число обращений в службы поддержки системы, а также в администрации городов и суды. Кроме того, судьи при анализе спорных ситуаций будут обладать объективной информацией о нарушениях, что позволит выносить справедливые вердикты.

Информация об авторах

Ухин Даниил Сергеевич - студент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: daniil.uxin@yandex.ru

Морозов Владимир Петрович - доктор технических наук, профессор базовой кафедры кибернетики в системах организационного управления, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: vp_morozov@mail.ru, тел.: 8-951-545-6369

Библиографический список

1. Московский транспорт: [сайт]. – Москва, 2024 -. - URL: <https://transport.mos.ru/parking/aboutparking/pochemu> (дата обращения: 01.05.2025). - Текст: электронный.
2. 1С: [сайт]. – Москва, 2024 -. - URL: <https://1cved.ru/> (дата обращения: 01.05.2025). - Текст: электронный.

Information about the author

Daniil S. Ukhin - student, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: daniil.uxin@yandex.ru

Vladimir P. Morozov - doctor of Technical Sciences, Professor of the Basic Department of Cybernetics in Organizational Management Systems, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: vp_morozov@mail.ru, ph.: 8-951-545-6369

УДК 004.85

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

И.Р. Гафурбаев¹, С.М. Куценко¹

¹*Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассмотрены современные методы оптимизации алгоритмов обработки больших данных с использованием возможностей машинного обучения. Показана практическая эффективность применения обучаемых компонентов в задачах индексации, приближённых вычислений и распределённой тренировки, а также рассмотрены возникающие при этом ограничения.

Ключевые слова: большие данные, машинное обучение, оптимизация алгоритмов, приближённые вычисления, распределённая обработка

OPTIMIZATION OF BIG DATA PROCESSING ALGORITHMS USING MACHINE LEARNING METHODS

I.R. Gafurbaev¹, S.M. Kutsenko¹

¹*Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article examines modern methods for optimizing algorithms for processing big data using machine learning capabilities. The practical effectiveness of using the trained components in the tasks of indexing, approximate calculations and distributed training is shown, and the limitations that arise in this case are considered.

Keywords: big data, machine learning, algorithm optimization, approximate computing, distributed processing

Растущие объемы данных и растущий спрос на скорость анализа больших данных (Big Data) ставят исследователей перед сложной дилеммой, поскольку они должны не только получать правильные результаты, но и делать это как можно тщательнее, чтобы сэкономить память, вычислительное время и сетевой трафик [1,2]. Классические алгоритмы, ориентированные исключительно на точность, часто очень сложны в реальных кластерах и облачных системах. Пропускная способность сети и объем памяти зависят от физических границ узлов, и эти ограничения нельзя игнорировать [1]. Именно поэтому сегодня они все чаще выбирают гибридный подход: строгие, основанные на фактических данных алгоритмы - выборка, сэмплирование, скетчи, шардирование – все они сочетаются с машинным обучением, а обучающие модели заменяют или улучшают отдельные этапы обработки. Бюджет аккаунта распределяется там, где вы получаете наибольшую отдачу, а не по принципу "всем поровну" [2,5].

Первым основным направлением выделяют оптимизацию хранения и передачи состояния при распределённой тренировке моделей. Традиционный обмен градиентами и репликация весов, безусловно, ускоряют сходимость обучения, но расплачиваются чудовищными объёмами сетевого трафика и гигабайтами памяти. Современные инженерные решения идут по другому пути: они разбивают модель и её состояния на фрагменты, распределяют их между узлами, снижая нагрузку на каждый сервер. В результате - на тех же машинах можно тренировать модели на порядок крупнее, не теряя в качестве. По сути, это перераспределение обязанностей: часть хранения уходит в распределённый рантайм, что экономит

RAM и уменьшает простои, вызванные перегрузкой сети [5].

В качестве второго метода стоит выделить приближённые методы ответа на аналитические запросы. В случае, котором пользователю нужен быстрый агрегированный ответ, в принципе допустима некоторая погрешность, но при условии контролируемости этой неточности. Большинство традиционных методов такие как стратифицированное сэмплирование, блочные выборки, предварительная агрегация по-прежнему эффективны, но в сочетании с машинным обучением они выходят на новый уровень. Модель умеет прогнозировать распределение значений по ключам, при этом подсказывая системе, где именно стоит взять больше выборки, а в каком случае стоит сэкономить ресурсы. В результате меньше сканируемых данных, более быстрый ответ и при этом приемлемый уровень точности.

Третьим направлением отметим так называемые «обучаемые» структуры данных. Обычные индексы и скетчи универсальны, но равнодушны к особенностям реальных данных. Если обученная модель научится предсказывать, где именно хранится нужная запись или какие ключи встречаются чаще всего, это позволит сократить число операций ввода-вывода и высвободить память для действительно важных сегментов данных. Однако полностью отказываться от классических структур нельзя: прогнозы бывают ошибочными. Поэтому гибридные схемы, где модель помогает, а надёжный резерв всё ещё под рукой, чаще оказываются предпочтительнее. Эффект от такой интеграции хорошо измерим: меньше памяти на узел, ниже сетевой трафик, короче время отклика, возможность тренировать куда более массивные

модели на тех же ресурсах. Но важно помнить и о цене вопроса. Любая обучаемая компонента требует фазы обучения, периодического переобучения при дрейфе данных, а также постоянного мониторинга для отлова ошибок. Иногда затраты на эти операции могут перевесить выигрыш по производительности. Поэтому архитектуру следует проектировать так, чтобы учитывать не только сценарий «идеальной погоды», но и поведение системы при сбоях, изменении распределений данных и перегрузках сети [2,4].

Объективная оценка оптимизаций невозможна без продуманной экспериментальной методики. Нужны как реальные, так и синтетические наборы данных, отражающие разные распределения; полный список метрик - потребление RAM, объём трафика, время отклика, точность приближённых ответов. Не менее важны сценарии отказа и дрейфа. Сравнение следует вести с сильными базовыми решениями - точными расчётами, классическими индексами и скетчами - и обязательно фиксировать доверительные интервалы для ключевых метрик. Полезно также проверять чувствительность: как изменяется результат при разных уровнях компрессии, размерах выборки или частоте агрегаций. Лишь такой подход даёт уверенность, что оптимизация действительно годится для продакшена.

Необходима особая осторожность и внимательность, когда результаты влияют на критические решения, ведь погрешности, которые будут приемлемы для аналитики, могут быть недопустимыми для, например, медицинских и транспортных систем или сложных финансовых расчётов. По этой причине системы с обучаемыми компонентами должны иметь встроенные механизмы контроля качества, трассировку

принятых решений и возможность плавного отката к точным вычислениям. Для случаев с приватными данными обязательны механизмы защиты и проверки того, что компрессия и обмен параметрами не приводят к утечкам информации [3].

В итоге проектирование систем с ML-оптимизациями сводится к нескольким простым, но принципиальным правилам: внедрять модели постепенно и оставлять запасной план в виде надёжных классических алгоритмов; автоматизировать мониторинг качества и сбор метрик, чтобы оперативно замечать дрейф и ухудшение результатов и к тому же использовать гибридные схемы, где модель подсказывает, а окончательное решение остаётся за проверенным алгоритмом.

Интеграция машинного обучения в обработку больших данных – это далеко не универсальное решение, однако стоит использовать этот инструмент грамотно, и он превращается в мощнейший рычаг, в следствии экономия памяти становится ощутимой, сетевой трафик сокращается, аналитика ускоряется, а распределённые модели тренируются куда эффективнее. Однако само по себе внедрение ML не гарантирует успеха. Всё решает грамотная, продуманная, устойчиво построенная архитектура. Неотъемлемым является тщательный процесс проверки соответствия данных каждого компонента и непрерывный контроль за поведением системы. Тогда и только тогда преимущества становятся реальными, а система масштабируемой, адаптивной и по-настоящему полезной для бизнеса и науки [2].

Библиографический список

1. Клеппман М. Высоконагруженные приложения. Программирование,

масштабирование, поддержка. — СПб.: Питер, 2018. — С. 640.

2. Бурков А. Инженерия машинного обучения = Machine Learning Engineering. — М.: ДМК Пресс, 2022. — С. 306.

3. Куценко, С. М. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения в транспортных системах / С. М. Куценко, Д. С. Устюжанинова // Экономика и предпринимательство. — 2024. — № 3(164). — С. 1360-1362. — DOI 10.34925/EIP.2024.164.3.265.

4. К. Громов. Методы оптимизации

запросов в базах данных, структуры NoSQL / Журнал «Современные системы и технологии». — 2024. — № 2. — С. 31-44. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-optimizatsii-zaprosov-v-bazah-dannyh-struktury-nosql> (дата обращения: 25.09.2025).

5. Статья «Индексы в базах данных: сколько индексов — перебор?» / Habr. — 2025. — 7 мая. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/907600/> (дата обращения: 25.09.2025).

Информация об авторах

Гафурбаев Ислам Рамилевич – студент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: islamchen241@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

Islam R. Gafurbaev - 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: islamchen241@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 004.588:004.55

НЕЙРОСЕТЕВОЙ КУРС ВВЕДЕНИЯ В ПРОФЕССИЮ СПЕЦИАЛИСТА ПО ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ

Е.А. Москалева¹, А.Г. Краснобородкин¹, Д.А. Катюрин¹

¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: В статье продемонстрирована реализация подхода к организации учебного процесса в виде цикла небольших клипов, прохождения тестирования по просмотренному контенту и решения задач в игровом формате, основанного на повышении интереса современных студентов, обладающих «клиповым» мышлением.

Ключевые слова: нейросетевой аватар, нейросети, учебный процесс, клиповое мышление.

A NEURAL NETWORK-BASED INTRODUCTION TO THE INFORMATION SECURITY PROFESSION

Е.А. Moskaleva¹, A.G. Krasnoborodkin¹, D.A. Katyurin¹

¹*Voronezh state technical University*

Abstract: The article demonstrates the implementation of an approach to organizing the educational process in the form of a cycle of short clips, testing on the viewed content and solving problems in a game format, based on increasing the interest of modern students with “clip” thinking

Keywords: neural network avatar, neural networks, learning process, clique thinking

В настоящее время существует множество информационных технологий, ресурсов и инструментов, которые позволяют разнообразить учебный процесс и повышать его эффективность. Современное поколение абитуриентов и студентов в основном обладают так называемым «клиповым» мышлением [1], т. е. восприятием окружающих объектов фрагментарно, без учета связей между ними, но с высокой скоростью поступления информации. Это вызывает ряд проблем [1, 2] при обучении с применением традиционных форм занятий, основной из которых можно считать практически полное отсутствие умения выстраивать логические связи и проводить аналогии и обобщения. Однако, есть и позитивные моменты, например, высокая скорость восприятия информации, заинтересованность в большом объеме знаний. Поэтому образовательный процесс должен подстраиваться под современные реалии и строиться таким образом, чтобы использовать всё положительное и подавлять отрицательное в «клиповом» мышлении студентов.

С учетом вышеизложенного был разработан нейросетевой курс для введения в профессию специалиста по защите информации. Он объединяет в себе множество идей и взглядов на обновлённый процесс обучения в высших учебных заведениях с учётом властвующей клиповой культуры. Основу курса составляют видеолекции, по которым обучающийся может освоить материал и проверить полученные знания.

Структура цикла видеолекций состоит из 52 клипов по 30-45 минут (рис. 1):

– 30 минут отводится изучению темы, причем первые 5 минут, необходимые для концентрации внимания, заполняются ответственными словами или речью

преподавателя, и далее 25 минут, на которые приходится пик сосредоточенности, посвящаются содержанию темы, включая повествование материала и примеры;

– оставшиеся 15 минут занятия уходят на комментарии со стороны преподавателя и тест для проверки остаточных знаний.

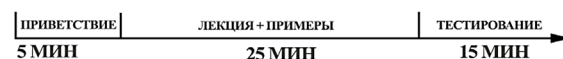


Рис. 1. Последовательность модулей клипа

Содержание клипов – лекционный материал, изложенный посредством сочетания текста, написанного преподавателем по основному материалу, с добавлением юмора по теме повествования. Такая подача повышает внимание студентов, снимая усталость, возникающую при концентрации внимания, и акцентируя на определенных моментах для улучшения их запоминания.

Видеоряд, представленный по ходу повествования, включает в себя слайды презентации, выполненные в соответствии с лучшими практиками и учитывающие фрагментарность в восприятии студентами – красочность и краткость описания, читаемые слова, наличие иллюстраций; видео-примеры, идущие сразу после теоретического материала и показывающие его применение на практике. Яркие рисунки и схемы, дополняющие лекционный материал призваны дать разъяснения или привлечь внимание.

Немаловажным также является выбор цветовой гаммы. Для сопровождения озвучиваемого материала в презентации были выбраны сочетания белый - красный и белый - оранжевый ввиду их повсеместного использования в логотипах брендов и

рекламных кампаниях [3].

Видеолекции озвучиваются специально разработанным нейросетевым аватаром реального человека, созданным на основе генеративно-состязательных сетей. Используемый персонаж должен быть напрямую или косвенно связан с тематикой изучаемого материала. Такой подход основан на идее ассоциативного мышления [4] и используется ввиду притупления логических связей у современных студентов при изучении материала [1, 2].

Архитектура создаваемого образа включает в себя два компонента: генератор и дискриминатор. На рис. 2 показана схема их взаимодействия.

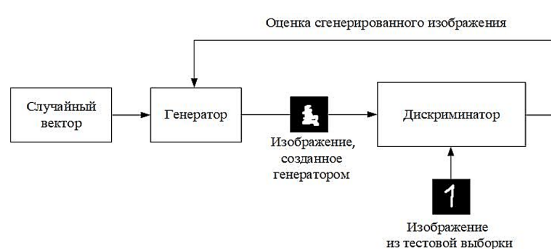


Рис. 2. Архитектура генеративно-состязательных сетей

Генератор обучается создавать изображения, аудио или видео. Для этого он на вход получает случайный вектор данных, на основе которого формирует кадры изображения. Дискриминатор оценивает качество сгенерированного контента, сравнивая его с реальными данными и выдаёт число, характеризующее качество сгенерированного изображения. Полученное число передаётся в генератор для коррекции весов и цикл повторяется. Генератор пытается обмануть дискриминатор, обучаясь таким образом создавать изображения, которые будут максимально похожи на настоящие. В свою очередь, дискриминатор старается максимально точно отделить истинные изображения от сгенерированных. Эта

конкуренция между сетями приводит к улучшению результатов.

Для озвучивания курса по основам защиты информации был взят известный инженер и изобретатель, популярный в сети Интернет, чьи разработки в сфере информационных технологий и кибербезопасности задают стандарты будущего. Для этого с использованием разработанного нейросетевого инструментария из исходного видео был получен шаблон лица,двигающий головой и губами в соответствии с озвучиваемым текстом.

Согласно исследованиям, наиболее приятными на слух и привлекающими внимание считаются мужской голос с преобладанием низких частот и женский с преобладанием высоких [5]. Немаловажными факторами также являются расстановка акцентов в предложении, интонация и отсутствие посторонних шумов. Для создания голоса аватара использовались нейросетевые системы обработки естественного языка. Если создается аватар современного человека, то его голос должен соответствовать оригиналу, чтобы не вызывать диссонанс при прослушивании, однако исходных голос может быть «улучшен», как описано выше.

Для озвучивания видео использовались нейросетевые системы обработки естественного языка. Процесс начинается с анализа исходного текста. Нейросеть разбивает его на токены – минимальные речевые единицы, которые обрабатываются моделью как единое целое. Они могут представлять собой целые слова, слоги или отдельные звуки. Далее каждый токен озвучивается системой отдельно, после чего полученный результат объединяется в единую голосовую дорожку. Система позволяет клонировать голос настоящего

рассказчика, используя всего несколько минут аудиозаписи речи человека в качестве эталона. Для озвучивания создаваемого видео был выбран голос прототипа, используемого в качестве аватара. Он подошел по всем необходимым параметрам, а дополнительными преимуществами стали его естественность и прямая ассоциация.

Еще одним важным фактором, который надо учитывать, является то, что аватар не должен сильно выделяться на фоне представляемого материала. Иначе получится реализация популярной и повсеместно используемой в маркетинге стратегии добавления контрастных цветов [3], и аватар

будет отбирать внимание аудитории, что негативно скажется на запоминании представляемого материала. Выбранный в разработанном курсе аватар одет в чёрную одежду и размещён на коричневом фоне. Это наиболее удачное сочетание, убирающее с него акцент.

Для размещения курса видеолекций был разработан интерактивный сайт. Студенты и преподаватели имеют возможность создать личный аккаунт с использованием электронной почты и получить доступ к просмотру видео. На ресурсе реализованы несколько модулей, дополняющих учебный процесс (рис. 3):

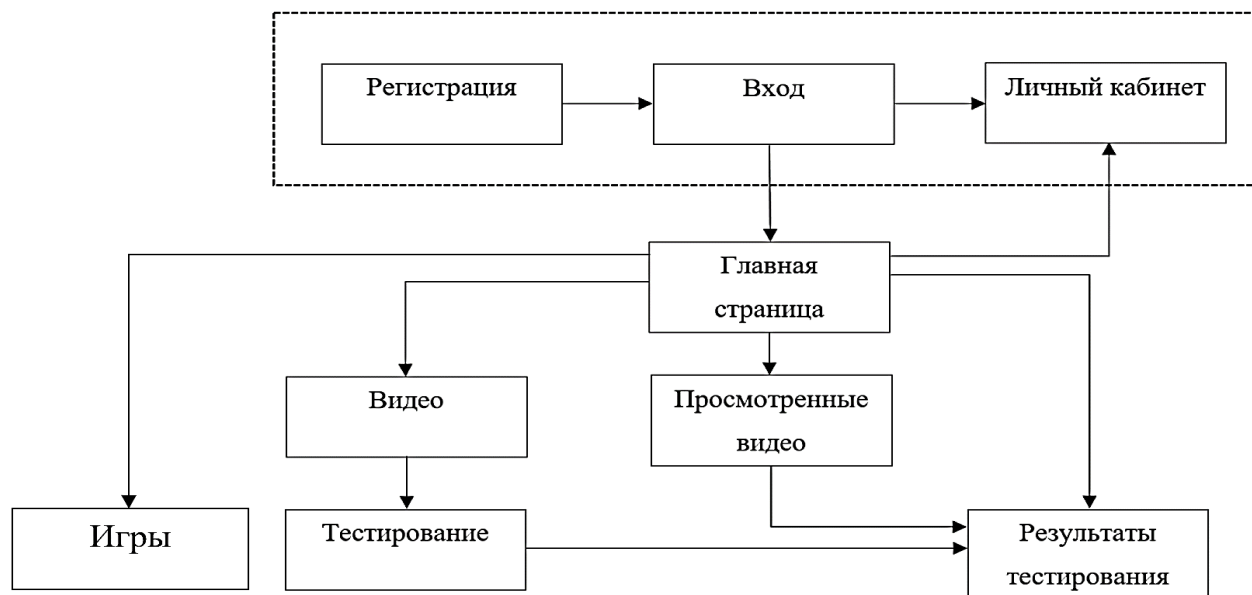


Рис. 3. Схема взаимодействия пользователя с ресурсом доступа

– главная страница, на которой видеолекции представлены в порядке их следования. При необходимости можно совершить поиск нужного видео;

– раздел «Тестирование» содержит контрольные тестовые вопросы для каждого занятия и служит для проверки остаточных знаний. Для каждой темы существует 90 вопросов, 10 из которых в случайном порядке формируют тест;

– раздел «Игры» добавляет интерактив в процесс обучения, представляя его более понятным и доступным образом;

– раздел «Результаты тестирования» позволяет просмотреть итоги предыдущих тестов.

Таким образом, в статье представлена реализация нейросетевого курса, учитывающая особенности «клипового» мышления современных студентов. Учебный процесс

организован в виде цикла клипов с красочным и запоминающимся содержанием, дополненным тестированием и практическими задачами. Подача материала направлена на формирование ассоциативных связей и логического мышления. Курс размещён на доступном ресурсе.

Библиографический список

1. Семеновских Т.В. Феномен «клипового мышления» в образовательной вузовской среде [Электронный ресурс] / Т.В. Семеновских // Наукоеведение. – 2014. – Вып. 5 (24), сентябрь-октябрь. – 10 с. – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/105PVN514.pdf> (дата обращения: 20.04.25).

2. Купчинская М.А. Клиповое мышление как феномен современного общества / М.А. Купчинская, Н.В. Юдалевич // Бизнес-

образование в экономике знаний. – 2019. – № 3 (14) – С. 66-71.

3. Психология цвета в рекламе [Электронный ресурс]. – URL: <https://accent.su/blog/psihologiya-tsveta-v-reklame/> (дата обращения: 20.04.25).

4. Ижденева И.В. Развитие ассоциативного мышления студентов при изучении математических и информатических дисциплин / И.В. Ижденева // Вестник красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева (Вестник КГПУ). – 2015. № 1 (31). – С. 153-157.

5. Why we're attracted to certain voices [Электронный ресурс]. – URL: <https://brighterworld.mcmaster.ca/articles/why-were-attracted-to-certain-voices/> (дата обращения: 20.04.25).

Информация об авторах

Москалева Екатерина Алексеевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры систем информационной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: ea.vrn@yandex.ru

Краснобородкин Александр Геннадьевич – студент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: a.krasnoborodkin@internet.ru

Катюрин Дмитрий Александрович – студент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: d.katiurin@yandex.ru

Information about the author

Ekaterina A. Moskaleva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Information Security Systems, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: ea.vrn@yandex.ru

Alexander G. Krasnoborodkin – student, Department of Information Security Systems, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: a.krasnoborodkin@internet.ru

Dmitry A. Katiurin – student, Department of Information Security Systems, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: d.katiurin@yandex.ru

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

УДК 004

ИНТЕРАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Д.А. Дубинин¹, В.В. Сокольников¹¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: В статье анализируются современные AR-системы для поддержки сборочных процессов в электронике и авиастроении, включая российский опыт. Показано, что AR-технологии повышают эффективность сборки.

Ключевые слова: дополненная реальность, интерактивные системы, сборочные процессы, промышленность, авиастроение, электроника, эффективность.

INTERACTIVE ASSEMBLY PROCESS SUPPORT SYSTEMS BASED ON AUGMENTED REALITY

D.A. Dubinin¹, V.V. Sokolnikov¹¹*Voronezh state technical University*

Abstract: The article analyzes modern AR systems for supporting assembly processes in electronics and aircraft manufacturing, including Russian experience. It is shown that AR technologies improve assembly efficiency.

Keywords: augmented reality, interactive systems, assembly processes, industry, aircraft manufacturing, electronics, efficiency.

Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) – технология, при которой в поле зрения пользователя накладываются цифровые объекты (текстовые подсказки, изображения, 3D-модели) поверх реального окружения. В промышленности AR технология нашла применение как инструмент интерактивной поддержки рабочих прямо на рабочем месте. В частности, в сборочных процессах AR-системы являются электронными наставниками: рабочий через специальные AR-устройства (очки, планшет или стационарное электронное устройство) видит пошаговые инструкции, подсказки по монтажу, а также вспомогательную информацию, синхронизированную с реальным объектом сборки. Такой подход позволяет сократить зависимость от бумажной документации, а также

обезопасить результат работы от человеческого фактора, обеспечивая более высокую точность и скорость операций [1]. Согласно обзору современных разработок, именно задачи сборки и обслуживания являются ключевыми направлениями внедрения AR в промышленности [2]. Это объясняется тем, что сборка зачастую является одной из самых трудоёмких и дорогих стадий производства, где ошибки особенно нежелательны [3]. Использование AR-технологий в этой области активно растёт. Прогнозируется, что совокупный мировой рынок промышленной AR к 2025 году достигнет около \$76 млрд (с ежегодным ростом ~74% в период 2018–2025) [2], что отражает высокие ожидания от данной технологии.

Практические кейсы применения AR при сборке изделий показывают

существенное повышение эффективности. Крупнейший мировой авиастроитель Boeing ещё в 1990-х годах экспериментировал с отображением схем электропроводки на корпусе самолёта с помощью AR [1]. В настоящее время Boeing использует AR-очки при монтажных работах в электронике; это позволило на 25% сократить время изготовления электропроводки и практически полностью исключить ошибки персонала [1]. Похожих результатов добиваются и в других проектах: так, один из пилотных промышленных проектов по внедрению AR зафиксировал улучшение качества сборочных операций на 90% и сокращение времени их выполнения на 30% по сравнению с традиционными методами с 2D-документацией [3]. Руководство компании Boeing отмечало, что повышение производительности на 40% с помощью новой технологии стало для них впечатляющим результатом [3]. Преимущество AR-инструкций объясняется уменьшением отвлечения рабочего на поиск информации в бумажной документации – все необходимые инструкции и данные находятся перед глазами в удобном визуальном формате [3]. AR отображает сложные узлы и процедуру сборки в наглядном виде прямо на объекте, что сокращает вероятность допустить ошибку оператору и ускоряет его работу. Дополнительно, цифровые системы могут автоматически идентифицировать конкретное изделие и конфигурацию, вызывая соответствующий комплект инструкций, тем самым устраняя ошибки при выборе документации [3]. В итоге различные внедрения фиксируют схожие показатели: ускорение сборочных операций на 15–35%, снижение числа ошибок на 30–90%, рост производительности, а также экономию затрат из-за сокращения брака на производстве [3].

Например, в General Electric отмечали рост продуктивности на 34% при сборке сложных установок возобновляемой энергетики благодаря использованию AR [3]. Эта статистика указывает на высокую эффективность AR-технологий: интерактивная поддержка в реальном времени улучшает как скорость, так и качество выполнения сборочных операций.

Авиационная промышленность – одна из ведущих отраслей, где AR-технологии активно внедряются в производственную практику. В России показателен опыт ПАО «ОАК» (Объединённая авиастроительная корпорация). На авиационном заводе им. Ю.А. Гагарина (филиал компании «Сухой») реализован проект по использованию AR при сборке истребителей пятого поколения Су-57. Этот проект стартовал в 2018 году в опытном режиме, а к 2021–2022 году прошёл апробацию и был удостоен главной награды корпоративного конкурса ОАК по развитию производственной системы [4]. Суть решения заключается в том, что сборщики оснащаются специальными AR-очками, с помощью которых на реальный объект накладывается цифровая трёхмерная модель агрегата самолёта [4]. В процессе работы сотрудник видит точное положение каждой детали и крепежа в сборочной единице. Это позволяет ему установить компонент корректно с первого раза. По словам разработчиков, такая система обеспечивает высокую точность выполнения и сокращает длительность технологических операций [4]. Вместо бумажных чертежей и инструкций рабочие получают интерактивные подсказки непосредственно в поле зрения. Это не только ускоряет сам процесс сборки, но и облегчает контроль качества: мастер или инспектор через ту же систему может наблюдать в реальном времени, правильно

ли установлены все элементы (например, тип крепежа выделяется определенным цветом, исключая возможность перепутать гайки или болты разных типов) [4]. В рамках пилотного проекта AR-технологии применялись не только на этапе сборки фюзеляжа, но и для смежных операций: например, для входного контроля узлов (осмотр собранных агрегатов с проекцией необходимых данных) и для подготовки к окраске самолёта. С помощью AR визуализируются контуры, по которым нужно наносить маркировку и покрытия, а затем результат покраски проверяется на соответствие цифровому шаблону [4]. Журналисты, посетившие производство, отмечали, что ещё недавно подобное казалось чем-то фантастическим, а сегодня при сборке самолетов реально используются AR-очки – технология, которая может стать новой вехой для высокоточного авиастроения [4].

Ещё один пример интеграции AR в отечественной авиапромышленности – сборочные процессы авиационных двигателей. Объединённая двигателестроительная корпорация (ОДК, входит в Ростех) в 2023–2024 гг. внедрила систему дополненной реальности на Рыбинском заводе ПАО «ОДК-Сатурн» для сборки газотурбинных авиационных двигателей [5]. В рамках пилотного проекта используется отечественная программная платформа «Иксар» (IXAR) в сочетании с носимыми AR-устройствами [5]. Оператор выполняет операции в AR-очках, на которые выводятся пошаговые интерактивные инструкции по сборке узлов [5]. После выполнения каждого из шагов предусмотрено подтверждение от контролёра качества в системе, и только потом можно перейти к следующему этапу [5]. Таким образом достигается полный контроль процесса: программное обеспечение

фиксирует факт выполнения каждой операции (с фотофиксацией или даже видеофиксацией при необходимости) и формирует «цифровой след» сборочного процесса [5]. Накопленные данные позволяют автоматически сформировать карту сборки изделия и анализировать ход работ. Система также ведёт учёт временных затрат на каждую операцию и может оценивать нагрузку на сотрудника, что даёт ценные метрики для оптимизации производства [5]. В случае затруднений в процессе сборки рабочий через AR-очки может связаться с удалённым экспертом для консультации прямо на рабочем месте [5]. Руководство ОДК отмечает, что цифровые технологии (включая AR) повышают скорость выполнения операций – как на уровне каждого сотрудника (освобождая от рутинных, бумажных действий), так и в целом по сборочному конвейеру [5]. Первые результаты пилотного проекта подтвердили эффективность подхода, и теперь планируется его масштабирование: параллельная совместная работа нескольких сборщиков в AR и интеграция этой системы с корпоративными информационными системами предприятия [5]. Таким образом, пример ОДК показывает, что AR-решения могут успешно применяться не только на финальной сборке самолёта, но и при изготовлении сложных изделий, таких как авиадвигатели, обеспечивая ускорение и повышение качества производственных операций.

В сфере изготовления электронной аппаратуры и электротехнических систем технологии дополненной реальности также находят применение, хотя публичных примеров в России пока немного. Большой потенциал AR имеет в сборке сложных электронных изделий, требующих высокой точности монтажа многочисленных

компонентов, например, печатных плат, электрических шкафов управления, кабельных жгутов. Человеческий фактор в таких работах остаётся решающим фактором: когда сборка выполняется вручную небольшими сериями или единично, ошибка сборщика может дорого обойтись, приводя к браку или неисправностям, проявляющимся уже в эксплуатации [3]. AR-инструкции способны свести риски к минимуму. Например, во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов (ВИАМ) отмечали, что применение AR для монтажа электрооборудования позволяет существенно снизить количество ошибок за счёт визуализации [1]. Зарубежный опыт также демонстрирует эффективность: в одном эксперименте на промышленном предприятии работники собирали электрический шкаф по указаниям, видимым через AR-очки, и в результате все участники успешно выполнили задачу с минимальным обучением, а точность и эффективность монтажа значительно возросли [6]. Отдельно следует отметить возможность интеграции AR с другими технологиями Индустрии 4.0. В указанном эксперименте интерактивные подсказки дополнялись работой робота, который проверял качество сборки с помощью машинного зрения [6]. Подобные системы в перспективе позволят автоматизировать контроль сборочных операций: AR обеспечивает правильность действий человека, а искусственный интеллект сразу же анализирует их результат.

Перспективы и заключение. Интерактивные AR-системы поддержки сборки демонстрируют впечатляющие результаты и в России, и за рубежом. Они уже доказали свою эффективность в пилотных проектах и постепенно внедряются в промышленное

производство. Конечно, внедрение AR-технологий не обходится без трудностей: необходимо адаптировать интерфейсы под пользователей, обеспечить удобство и безопасность носимых устройств, интегрировать ПО с существующими информационными системами производства. Требуется и определённая подготовка персонала – рабочие должны освоить новые инструменты. Однако первые шаги показывают, что эти затраты окупаются. AR не заменяет человека, а дает ему дополнительные возможности: квалифицированный специалист с дополненной реальностью работает быстрее, увереннее и с меньшим числом ошибок. Даже сейчас технологии дополненной реальности позволяют достигать при сборке сложных компонентов (таких как военные истребители, реактивные двигатели и микроэлектроника) качества, которое раньше требовало многолетнего опыта. В дальнейшем можно ожидать, что подобные системы станут неотъемлемой частью цифрового производства. В современной промышленности, где критически важны гибкость, сокращение сроков вывода продукции и оптимизация затрат, AR-системы превращаются в важнейший инструмент повышения эффективности сборки.

Библиографический список

1. Дополненная реальность в промышленности // Easyteka (блог EasySDK). — 2023. — 20 апр. — URL: <https://easyteka.online/blog/primenenie/doponnaya-realnost-v-promishlennosti> (дата обращения: 11.05.2025).
2. Голубкин А.А., Пирмагомедов Р.Я. Аналитический обзор систем дополненной и смешанной реальности в контексте индустрии 4.0 // Информационные технологии и телекоммуникации. — 2021. — Т. 9, № 4. —

С. 1–27. — URL: https://www.sut.ru/doci/nauka/1AEA/ITT/2021_4/1-27.pdf (дата обращения: 11.05.2025).

3. Суздальцев А.Л. Промышленная виртуальная реальность // Connect-WIT. — 2018. — № 3. — С. 78–87. — URL: <https://www.connect-wit.ru/promyshlennaya-virtualnaya-realnost.html> (дата обращения: 11.05.2025).

4. Чем дополнить реальность, или новейшие технологии для сборки Су-57 // Управление производством. — 2022. — 11 мая. — URL: [https://up-pro.ru/library/information_systems/automatic](https://up-pro.ru/library/information_systems/automatic_production/chem-dopolnit-realnost/)

[n_production/chem-dopolnit-realnost/](https://up-pro.ru/library/information_systems/automatic_production/chem-dopolnit-realnost/) (дата обращения: 11.05.2025).

5. «Ростех» внедряет технологии дополненной реальности при сборке авиадвигателей // CNews. — 2024. — 10 апр. — URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-04-10_rosteh_vnedryaet_tehnologii (дата обращения: 11.05.2025).

6. Технологии дополненной реальности // Промышленный вестник (irobs.ru). — 2023. — URL: <https://irobs.ru/blog/promyshlenny-vestnik/tekhnologii-dopolnennoy-realnosti/> (дата обращения: 11.05.2025).

Информация об авторах

Дубинин Дмитрий Антонович – студент кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: daymon2003@mail.ru

Сокольников Виктор Владимирович – старший преподаватель кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: svp_kitp@mail.ru

Information about the author

Dmitry A. Dubinin – Student, Department of Computer Intelligent Design Technologies, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktiabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: daymon2003@mail.ru

Viktor V. Sokolnikov – Senior Lecturer, Department of Computer Intelligent Design Technologies, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktiabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: svp_kitp@mail.ru

УДК 004.923

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС 3D ВИЗУАЛИЗАТОРА ИНТЕРЬЕРА

Е.В. Паринава¹

¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: Статья посвящена исследованию роли детализированного технического задания (ТЗ) в процессе 3D-визуализации интерьеров. На основе анализа практического кейса (визуализация гостевого дома для базы отдыха) демонстрируется, как качественно подготовленное ТЗ влияет на эффективность работы: сокращает сроки выполнения на 30%, минимизирует количество исправлений и повышает удовлетворённость заказчика.

Ключевые слова: техническое задание (ТЗ), 3D-визуализация, интерьер, референсы, чертежи, развёртки, цветовая гамма, геометрия помещения, коллажи, освещение, концепция интерьера, материалы интерьера, 3D-модели мебели.

THE IMPACT OF THE QUALITY OF THE TECHNICAL ASSIGNMENT ON THE WORKFLOW OF A 3D INTERIOR VISUALIZER

E.V. Parinova¹

¹*Voronezh State Technical University*

Abstract: The article is devoted to the study of the role of detailed technical specifications (TS) in the process of 3D visualization of interiors. Based on the analysis of a practical case (visualization of a guest house for a recreation center), it is demonstrated how a well-prepared TS affects the efficiency of work: it reduces the deadlines by 30%, minimizes the number of corrections and increases customer satisfaction.

Keywords: technical assignment (TA), 3D visualization, interior, references, drawings, scans, color scheme, room geometry, collages, lighting, interior concept, interior materials, 3D furniture models.

Техническое задание в контексте 3D-визуализации интерьеров — это формализованный документ, содержащий совокупность требований, условий и исходных данных, необходимых для создания фотореалистичного изображения проектируемого пространства. Согласно ГОСТ Р 34.602–2019 [1], техническое задание является "основным документом, определяющим требования и порядок создания проекта".

Качественное и подробное техническое задание является фундаментом успешной 3D визуализации интерьера. Как отмечает А. А. Иванов [2] оно не только экономит время, но и уменьшает количество правок, минимизирует стресс для всех участников процесса и повышает удовлетворенность заказчика повышает продуктивность выполнения работы.

Современные исследования [3] показывают, что даже высококвалифицированный специалист в области визуализации вынужден затрачивать значительно больше временных ресурсов (в среднем в три раза) при работе с техническим заданием, содержащим не точные формулировки и субъективные требования.

Работа 3D-визуализатора обычно завершает цепочку создания дизайн-проекта. К этому моменту заказчик и дизайнер уже вложил много времени и средств в концепцию и хочет увидеть реалистичный результат как можно быстрее.

Однако, если ТЗ составлено поверхностно, процесс превращается в бесконечную череду уточнений и правок.

На примере проекта визуализации интерьера гостевого дома для базы отдыха предлагаем рассмотреть, как правильно составленное ТЗ влияет на сроки и качество работы.

В этом проекте представлено наглядное сотрудничество 3D визуализатора с дизайнером студии интерьерной визуализации, который предоставил идеально-структурированное техническое задание, и результат превзошел ожидания.

В данном примере разберём, как детализированное ТЗ помогло:

- Согласовать рендеры с первой подачи;
- Сократить сроки выполнения работы на 30%;
- Получить восторженный отзыв от заказчика.

Как было в рассматриваемом проекте:

Дизайнер предоставил:

- Чертёж из Archi CAD с точными размерами и расстановкой мебели, чертёж коммуникаций, освещения, раскладка плитки, развёртка стен, цветовой гаммой интерьера;
- Подборку материалов (ссылки на плитку, текстиль, паркет, производителей материалов);
- 3D-модели мебели (готовые файлы и ссылки на каталоги, готовые модели и их производителей, материалы мебели);
- Фото и референсы (не только «вдохновение», а конкретные примеры фактур и света, какая должна быть атмосфера и

подача интерьера, стиль интерьера, концепция).

Результат: визуализатор сразу приступил к работе, без уточнений всех деталей по интерьеру, таким образом сократив время в разы.

Как обычно бывает, если нет конкретного, детального ТЗ, информация передана дизайнером не полная, неоднозначная:

– «Стиль — Сканди с налётом Прованса» (без уточнения деталей, неопределённые стилистические указания);

– «Мебель — что-то эдакое» (неопределённые требования к мебелировке, нет моделей или аналогов, референсов);

– «Освещение — тёплое, но не жёлтое» (субъективные требования к параметрам освещения).

– «Сделайте красиво, что бы сразу понравилось заказчику» (непрофессиональные формулировки, нет наглядной информации и примеров, предпочтений в интерьере заказчика)

– «Размер помещений примерный, так на глаз сделайте, потом посмотрим, как будет выглядеть» (неточные пространственные параметры, далеко от реальности)

Результат: работа начата не сразу, до начала работы визуализатору пришлось бы выяснить все размеры и геометрию помещения, стиль, примеры материалов, производителей, цветовую гамму, какое будет освещение и т. д. Срок выполнения задания увеличен.

В рассматриваемом нами примере дизайнер предоставил подробное ТЗ, что значительно упростило и ускорило процесс создания 3D визуализации. Включённые ссылки на материалы и модели интерьера позволили быстро найти нужные элементы, а наглядные развертки стен и чертежи с расстановкой мебели из программы Archi CAD

помогли лучше понять концепцию интерьера. Когда техническое задание содержит все необходимые детали, это позволяет избежать множества правок и доработок, которые могут затянуть процесс на неопределенный срок и вызвать недовольство у заказчика.

Сотрудничество визуализатора с дизайнером прошло успешно благодаря подробному ТЗ. Практически с первых рендеров все предложенные решения пришлись по вкусу, и проект был согласован без лишних правок. Зачастую такая ситуация является редкостью в данной сфере, где часто возникают изменения в расстановке мебели или замены материалов. Однако в данном случае все прошло удивительно быстро и эффективно.

В этом проекте полное ТЗ сэкономило 2 недели работы — обычно столько у визуализатора уходит на правки. Заказчик остался доволен, дизайнер сэкономил своё время, улучшил условия труда, а визуализатор получил отличную работу в своё портфолио.

Предлагаем выделить 3 правила идеального ТЗ для 3D-визуализации:

1. Детальность решает всё

– Укажите, какой именно интерьер нужно визуализировать (например, гостиная, кухня, спальня, офис). Опишите его размеры, форму и особенности архитектуры.

– Определите стиль, в котором должен быть выполнен интерьер — современный, классический, скандинавский, минималистичный и т. д.

– Указывайте не только стиль, но и конкретные аналоги, референсы из известных сайтов (например, «диван как у BoConcept, Divan.ru модель Osaka, реверанс из Pinterest»).

– Прикрепляйте палитру RAL или Pantone, если цвет критичен он критичен всегда.

2. Техническая ясность

– Предоставьте планы помещений с указанием размеров и расположения окон, дверей и других архитектурных элементов. Это поможет визуализатору правильно разместить мебель и другие элементы.

– Формат файлов: определите, в каких форматах должны быть предоставлены финальные работы (например, JPEG, PNG, TIFF для изображений);

– Разрешение изображений: Укажите необходимое разрешение (например, 1920x1080 пикселей для Full HD или 4K). Если визуализация будет использоваться для печати, укажите размер в дюймах и необходимое разрешение (обычно 300 DPI).

– Список ракурсов (можно набросать схему от руки).

– Виды ракурсов и их количество на помещение (количество 5–7, информативные кадры, ортогональные, художественные продающие кадры, атмосферные кадры, Close-up)

– Освещение: Опишите желаемое освещение сцены. Например, это может быть естественное освещение с солнечными лучами или искусственное с использованием определенных источников света.

3. Визуальный контекст

– Добавьте коллаж настроения (moodboard);

– Референсы и примеры: приложите изображения или ссылки на работы других

дизайнеров, которые соответствуют вашему видению. Это могут быть фотографии интерьеров, которые вам нравятся, или 3D-визуализации с похожим стилем.

– Определите, кто будет конечным пользователем этого интерьера. Это может быть семья с детьми, молодая пара или офис для сотрудников. Понимание аудитории поможет визуализатору создать более подходящее пространство

– Отметьте акцентные элементы (например, «эта полка — ключевая, проработайте детализацию»).

Таким образом, можно сделать вывод, что качественное техническое задание — это залог успешной 3D-визуализации интерьера. Оно не только сокращает сроки выполнения проекта, но и повышает удовлетворенность всех участников процесса — от студии дизайна до заказчика и визуализатора. Важно помнить, что тщательная проработка ТЗ на начальном этапе может сэкономить много времени и сил в будущем, обеспечивая плавный и продуктивный рабочий процесс.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 34.602-2019. Техническое задание на создание автоматизированной системы. — М.: Стандартинформ, 2019. — С. 5. Режим доступа: <https://www.gostinfo.ru>.
2. Иванов А. А. Методология проектирования в 3D-визуализации // Архитектура и дизайн. — 2022. — № 4. — С. 45–52.
3. Smith J. 3D Rendering Workflow Optimization. — London: Design Press, 2021. — P. 45–48.

Информация об авторах

Паринова Евгения Викторовна - студентка магистратуры Воронежского государственного технического университета (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: ysahbo86@gmail.com

Information about the author

Evgeniya V. Parinova - master's student of the Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20th Anniversary of October St., 84), e-mail: ysahbo86@gmail.com

УДК 004

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЕНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ С СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛОЦМАН

К.Д. Поднебесная¹, Н.В. Акимов¹, В.В. Сокольников¹

¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: Статья посвящена исследованию современных подходов к созданию и применению цифровых двойников в промышленности, интеграции технологии цифровых двойников с программным комплексом «Лоцман»

Ключевые слова: цифровые двойники, цифровая инженерия, промышленность, оптимизация процессов, виртуальное моделирование, системы управления производством

DIGITAL TWINS IN INDUSTRY: TECHNOLOGIES, APPLICATION AND INTEGRATION WITH CONTROL SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF LOTSMAN

K.D. Podnebesnaya¹, N.V. Akimov¹, V.V. Sokolnikov¹

¹*Voronezh State Technical University*

Abstract: The article is devoted to the study of modern approaches to the creation and application of digital twins in industry, the integration of digital twin technology with the Lotsman software package

Keywords: digital twins, digital engineering, industry, process optimization, virtual modeling, production management systems

Современные информационные технологии кардинально меняют подходы к проектированию, управлению и оптимизации производственных и технологических процессов. Одним из ключевых направлений развития цифровой трансформации промышленности является цифровая инженерия, включающая в себя создание и применение цифровых двойников.

Цифровой двойник — это виртуальная копия физического объекта, процесса или системы, которая позволяет моделировать, анализировать и прогнозировать их поведение в реальном времени. Внедрение таких технологий открывает новые возможности для автоматизации, повышения эффективности и снижения затрат в различных отраслях, от машиностроения до энергетики и здравоохранения.

Цифровой двойник — это динамическая цифровая модель, которая:

- синхронизируется с реальным объектом через системы сбора данных;
- использует машинное обучение и симуляцию для прогнозирования поведения;
- позволяет тестировать изменения без вмешательства в физический процесс.

Цифровые двойники могут быть классифицированы по уровню детализации и охвату: двойник продукта, двойник процесса и двойник системы. Каждый тип решает свои задачи и применяется на разных этапах жизненного цикла.

Цифровой двойник продукта — это виртуальная модель конкретного изделия (детали, механизма, устройства), которая отражает его конструкцию, физические свойства и поведение в различных

условиях. Например, двойник турбины самолета предсказывает остаточный ресурс лопаток на основе данных с датчиков.

Цифровой двойник процесса – это модель, имитирующая технологический или бизнес-процесс (производство, логистику, энергопотребление). Позволяет анализировать и оптимизировать последовательность операций. Например, двойник сборочного конвейера способен подбирать оптимальную скорость работы для минимизации брака.

Цифровой двойник системы – это комплексная модель, объединяющая несколько продуктов и процессов в единую

систему (завод, энергосеть). В качестве примера подходит двойник нефтеперерабатывающего завода, который рассчитывает нагрузку на все узлы при изменении объема сырья.

Разделение цифровых двойников на три типа помогает точнее определять их функции и методы разработки. В реальных проектах они часто взаимосвязаны: например, двойник продукта (станка) встраивается в двойник процесса (линии), который, в свою очередь, является частью двойника системы (цеха). Такая иерархия обеспечивает сквозную цифровизацию и максимальную эффективность [1].



Рис. 1. Типы цифровых двойников

Создание цифровых двойников основывается на нескольких взаимодополняющих подходах. Физико-математическое моделирование позволяет строить точные виртуальные копии объектов на основе

фундаментальных законов механики, термодинамики и других научных дисциплин. Наиболее перспективным считается гибридный метод, объединяющий физические уравнения с корректировками на

основе поступающих данных, что особенно ценно для динамически изменяющихся систем.

В производственной сфере цифровые двойники играют ключевую роль в оптимизации технологических процессов. Они позволяют проводить виртуальные испытания оборудования, выявлять узкие места в производственных линиях и тестировать различные сценарии модернизации без остановки реального производства. Системы предиктивного обслуживания на основе цифровых двойников существенно сокращают простои оборудования и помогают находить оптимальные режимы работы.

Программный комплекс "Лоцман" получает новые возможности благодаря интеграции с технологией цифровых двойников. Эта инновация позволяет предприятиям создавать виртуальные копии своих бизнес-процессов для глубокого анализа и оптимизации. Цифровой двойник в контексте системы "Лоцман" представляет собой динамическую виртуальную модель, которая в реальном времени отражает состояние бизнес-процессов, позволяет тестировать управленческие решения без риска для реальных операций и автоматизирует процессы принятия решений [2].

Цифровые двойники помогают моделировать работу производственных линий, прогнозировать загрузку оборудования и оптимизировать производственные графики. Например, металлообрабатывающий цех может создать виртуальные копии станков, что позволяет автоматически перераспределять заказы при простое оборудования. Виртуальные модели складов позволяют тестировать различные схемы размещения товаров, оптимизировать маршруты погрузчиков и прогнозировать сроки

поставок. Интеграция с модулем складского учета «Лоцман» дает возможность автоматически определять оптимальные места хранения для новых партий товаров.

Для создания цифровых двойников в системе «Лоцман» используются:

- данные из "1C:ERP" как основа для моделирования;
- IoT-датчики для мониторинга состояния оборудования;
- инструменты аналитики и машинного обучения;
- специализированные системы моделирования.

Процесс внедрения включает этапы интеграции с реальными данными, тестирования сценариев и автоматизации решений. Производственные предприятия отмечают сокращение простоев оборудования на 15% после внедрения цифровых двойников. Торговые сети фиксируют снижение излишков товарных запасов на 20% благодаря точному прогнозированию спроса.

Однако развитие технологии сталкивается с рядом серьезных вызовов. Высокая стоимость разработки и внедрения, необходимость обработки огромных массивов данных в реальном времени, дефицит квалифицированных специалистов и проблемы кибербезопасности остаются основными барьерами для массового распространения. Особую сложность представляет интеграция цифровых двойников с существующими промышленными системами, часто требующая полной модернизации ИТ-инфраструктуры предприятий.

Перспективы развития цифровых двойников связаны с несколькими ключевыми направлениями. Совершенствование алгоритмов искусственного интеллекта позволит создавать самообучающиеся модели, способные адаптироваться к

изменениям без вмешательства человека. Особый интерес представляет концепция "двойников-близнецов", когда несколько виртуальных моделей одновременно тестируют различные сценарии развития системы, что особенно актуально для управления сложными инфраструктурными проектами.

Цифровая инженерия и цифровые двойники становятся ключевыми инструментами четвертой промышленной революции. Их внедрение позволяет значительно повысить эффективность технологических процессов, снизить затраты и минимизировать риски. Интеграция цифровых двойников откроет новые возможности для мониторинга и управления оборудованием в реальном времени, повышая точность прогнозирования и снижая эксплуатационные риски. Дальнейшее развитие

методов создания цифровых двойников откроет новые горизонты для автоматизации и оптимизации производственных систем, делая их более гибкими, интеллектуальными и устойчивыми.

Библиографический список

1. Курганова Н.В. Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства / Курганова Н.В., Филин М.А., Черняев Д.С., Шапкин А.Г., Намиот Д.Е. // International Journal of Open Information Technologies, 2019 – 105–115 с.

2. Комраков А.В. Концепция цифрового двойника в управлении жизненным циклом промышленных объектов / Комраков А.В., Сухоруков А.И. // Научная Идея, 2017 – 3–9 с.

Информация об авторах

Поднебесная Кристина Дмитриевна – студент факультета информационных технологий и компьютерной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394053, Россия, г. Воронеж, Московский проспект, 122), e-mail: purplewomanx@gmail.com, тел.: 8-922-798-5052

Акимов Никита Владиславович – студент факультета информационных технологий и компьютерной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394053, Россия, г. Воронеж, Московский проспект, 122), e-mail: nikita261298@mail.ru, тел.: 8-920-008-5330

Сокольников Виктор Владимирович – заместитель декана по воспитательной работе, старший преподаватель кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, Воронежский государственный технический университет (394033, Россия, г. Воронеж, ул. Арзамасская, 19), e-mail: svp_kitp@mail.ru, тел.: 8-904-213-5944

Information about the author

Kristina D. Podnebesnaya - student of the Faculty of Information Technology and Computer Security, Voronezh State Technical University (122, Moskovsky Prospekt, Voronezh, 394053, Russia), e-mail: purplewomanx@gmail.com, ph.: 8-922-798-5052

Nikita V. Akimov - student of the Faculty of Information Technology and Computer Security, Voronezh State Technical University (122, Moskovsky Prospekt, Voronezh, 394053, Russia), e-mail: nikita261298@mail.ru, ph.: 8-920-008-5330

Viktor V. Sokolnikov - deputy dean for educational work, senior lecturer of the Department of Computer Intelligent Design Technologies, Voronezh State Technical University (19, Arzamasskaya str., Voronezh, 394033, Russia), e-mail: svp_kitp@mail.ru, ph.: 8-904-213-5944

УДК 004.032.26:621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЁХСЛОЙНОЙ LSTM-СЕТИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ЧАСТОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Н.С. Степанов¹

¹Северный арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Аннотация: В статье рассматривается подход генерации синтетических рядов сетевой частоты на основе двух-слойной LSTM-сети, обученной на данных за сутки. Синтетический сигнал сохраняет ключевые статистические и спектральные характеристики и тесно соответствует реальным измерениям.

Ключевые слова: LSTM, нейронная сеть, энергосистема, частота, синтетические данные, спектральный анализ, статистические характеристики

APPLICATION OF A THREE-LAYER LSTM NETWORK FOR GENERATING POWER SYSTEM FREQUENCY TIME SERIES

N.S. Stepanov¹

¹*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov*

Abstract: The article presents an approach for generating synthetic power-grid frequency time series using a two-layer LSTM network trained on one day of data. The synthetic signal preserves key statistical and spectral characteristics and closely matches real measurements.

Keywords: LSTM, neural network, power system, frequency, synthetic data, spectral analysis, statistical characteristics

В современных энергосистемах оперативный контроль сетевой частоты критичен для устойчивости, поскольку даже незначительные отклонения могут указывать на дисбаланс между генерацией и потреблением и приводить к аварийным ситуациям [1, 2]. Для безопасной отладки алгоритмов управления применяют синтетические временные ряды, которые должны воспроизводить распределение значений, спектральную плотность и медленный дрейф медианы, характерные для реальных данных [3]. В этой работе предлагается использовать двухслойную LSTM-сеть для генерации рядов частоты, так как архитектура LSTM эффективно моделирует временные последовательности и запоминает долгосрочные зависимости без чрезмерной сложности настройки и вычислительных затрат, присущих VAE или GAN [1, 3, 4]. Цель исследования — показать, что относительно простая модель при введении корректирующих механизмов способна порождать синтетические данные, практически неотличимые от реальных по ключевым метрикам.

Сети LSTM (Long Short-Term

Memory) были впервые предложены Хохрайтером и Шмидхубером в 1997 году как решение проблемы исчезающих и взрывающихся градиентов при обучении стандартных RNN, благодаря введению специализированных «входного», «выходного» и «забывающего» (forget) гейтов, управляющих потоком информации через ячейку памяти [5]. Каждый гейт представляет собой вектор, получаемый сигмоидной активацией линейной комбинации входных и рекуррентных сигналов, что позволяет эффективно сохранять или сбрасывать состояние в зависимости от контекста задачи. Такой механизм гибко балансирует между запоминанием долгосрочных зависимостей (благодаря входному гейту) и отделением нерелевантной информации (с помощью забывающего гейта), а выходной гейт регулирует выдачу накопленных сведений во внешний слой [6]. В дальнейшем Gers и соавторы предложили модификацию с «поправочной» (peephole) связью, улучшающую синхронизацию гейтов с состоянием ячейки [7]. За счёт этих особенностей LSTM-сети широко применяются для прогнозирования временных рядов в

энергетике, речи, биоинформатике и других областях, где критично учесть как кратковременные, так и долгосрочные динамики процесса [8].

Для обучения использовались измерения частоты на одной из электростанций России в марте 2025 года с дискретом 0,02 с, что даёт 4 320 000 значений за сутки. Сигнал колеблется вокруг 50 Гц с отклонениями порядка $\pm 0,05$ Гц; распределение близко к нормальному, но демонстрирует тяжёлые хвосты, свидетельствующие о редких переходных процессах [3]. Высокая автокорреляция и преобладание низких частот в спектре отражают инерционные свойства системы, хотя присутствуют и более высокочастотные компоненты, связанные с колебаниями роторов и работой регуляторов [4, 9]. Перед обучением данные были стандартизированы путём вычитания среднего и деления на стандартное отклонение. Затем скользящим окном длиной 50 отсчётов (1 с) формировали пары «последовательность — следующее значение», получив более четырёх миллионов примеров, из которых 80 % использовались для обучения, а 20 % — для тестирования [3].

Сеть состоит из двух скрытых слоёв LSTM (128 и 64 единицы) и выходного линейного слоя. Во время обучения применялись среднеквадратичная ошибка и оптимизатор Adam, что позволило на тестовой выборке снизить ошибку до порядка 10^{-3} (в нормализованном масштабе), соответствующего средней абсолютной погрешности $\sim 0,01$ Гц в исходных единицах [4, 9]. Однако при рекуррентной генерации накапливаются малые ошибки, приводящие к уменьшению дисперсии, что описано в литературе как эффект сглаживания [1, 2]. Для компенсации этого эффекта к каждому прогнозному значению добавляли гауссов шум с дисперсией, пропорциональной

среднеквадратичной ошибке модели [10], а также применяли обратную связь по медиане: каждое новое значение корректировалось на 1 % разницы между целевой и текущей медианой, что предотвращало дрейф среднего уровня [1, 9]. Подобный подход обсуждается в российских исследованиях по генерации временных рядов для тестирования автоматического частотного регулирования (АЧР) [11].

Генерация началась с «seed»-окна из 50 реальных отсчётов, выровненного по медиане исходного ряда. Модель итеративно прогнозировала значения, после чего проводилась нормализация, добавление шума и медианная корректировка, а затем обратное преобразование в герцы. В эксперименте было сгенерировано 10 000 точек (≈ 200 с), после чего оценили статистические свойства. Медиана синтетического ряда отличалась от реальной менее чем на 10^{-3} Гц, дисперсия совпадала в пределах нескольких процентов, а спектральная плотность и автокорреляционная функция сохраняли ключевые особенности исходного сигнала [3]. Итоговая коррекция медианы оставалась минимальной благодаря механизму обратной связи.

Двухслойная LSTM-модель с гауссовым шумом и медианной коррекцией формирует синтетические ряды частоты, статистически близкие к реальным, и может применяться для безопасных стендовых испытаний алгоритмов управления и диагностики энергосистем [2, 11].

На рис. 1 представлены гистограммы распределения значений для реального и синтетического рядов, построенные по 10 000 точкам. Оба распределения имеют колоколообразную форму с пиком около 50,00 и практически совпадающие средние и медианные значения ($\sim 50,00$), что объясняется механизмом коррекции по медиане

[1]. Более того, синтетический ряд демонстрирует стандартное отклонение $\approx 0,017$ против $\approx 0,0165$ у реального (различие $< 3\%$), а гистограммы почти полностью накладываются, включая лёгкую асимметрию и тяжёлые хвосты при значениях ниже 49,97 и выше 50,03. Наличие этих редких экстремальных отклонений указывает на то, что добавление случайных возмущений позволило воспроизвести нестандартные флуктуации, не подчиняющиеся строгой гауссовой модели [4, 12]. Чисто детерминированный прогноз, напротив, сужал бы распределение и не сохранил бы статистику хвостов [10]. Статистические показатели синтетического ряда (квантили, коэффициент асимметрии $< 0,1$, эксцесс $\approx 2,8$) совпадают с реальными, что подтверждает способность модели сохранять форму распределения и вариативность процесса без искажений.

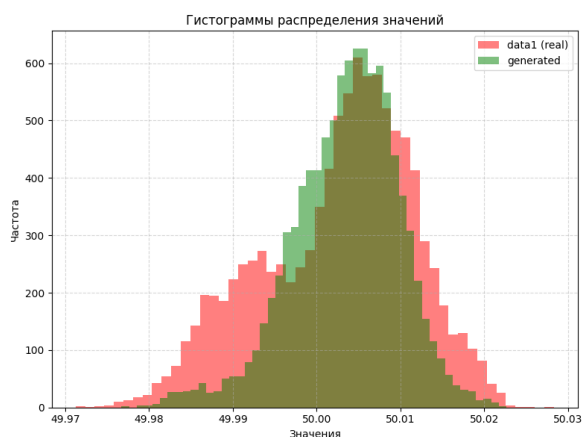


Рис. 1. Гистограммы распределения значений частоты

На рис. 2 приведено сравнение коробчатых диаграмм реального и синтетического рядов. Медианы обоих выборок практически совпадают ($\sim 50,00$), а межквартильный размах составляет около 0,015, при этом «усы» тянутся от 49,97 до 50,03 и для реального, и для синтетического рядов [4, 12]. Сопоставимый разброс и количество выбросов свидетельствуют о том, что

модель воспроизвела редкие сильные отклонения, присутствующие в исходных данных. В контрольных экспериментах без механизма обратной связи и добавления шума LSTM давала более узкий диапазон ($\sim 49,98$ – $50,02$), тогда как после внедрения этих приёмов статистика синтетического ряда стала неотличима от реальной [1, 10].

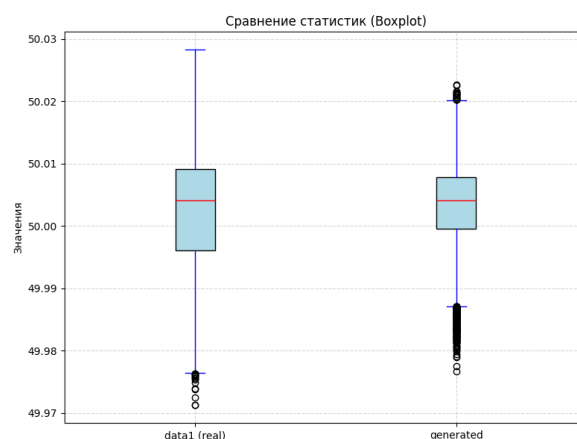


Рис. 2. Коробчатые диаграммы (boxplot) показателей ряда

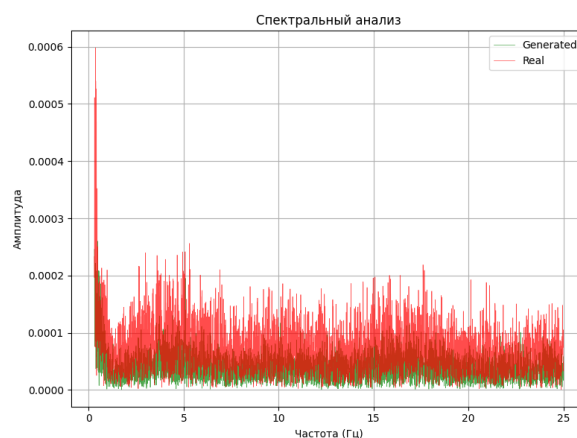


Рис. 3. Спектральная плотность (амплитудный спектр) колебаний частоты

На рис. 3 приведено сравнение спектральных плотностей реального и синтетического сигналов, вычисленных по 10 000 точкам через быстрое преобразование Фурье (БПФ) в диапазоне 0–25 Гц, где сосредоточена основная энергия сетевых колебаний. Амплитуда гармоник быстро

убывает: к 5 Гц она составляет около 10 % от уровня при <1 Гц, а выше 15 Гц выходит на уровень фонового шума [1, 12]. Оба ряда демонстрируют практически совпадающие значения амплитуды на 0,5 Гц (разница $\leq 1 \times 10^{-4}$) и сходные небольшие локальные пики в зоне 1–2 Гц, что может быть связано с работой регуляторов частоты [4]. На высоких частотах (>10 Гц) спектры остаются низкими и ровными, отражая только шум. Таким образом, спектральная плотность синтетических данных воспроизводит динамические свойства реального процесса без искажений, внесённых шумом σ_{noise} : введённый шум восстановил высокочастотные компоненты, которые без него были недооценены, и привёл к минимальным отклонениям по метрикам сходства [1, 10].

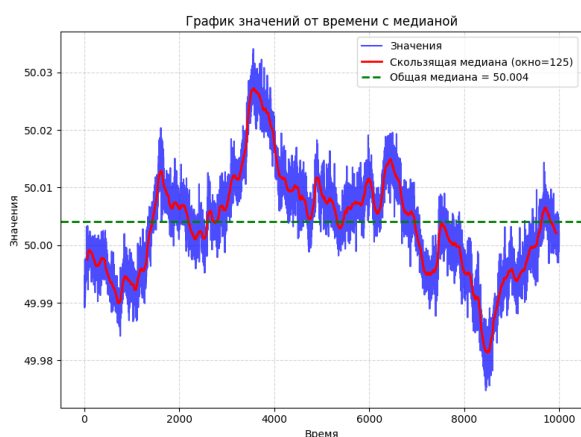


Рис. 4. Фрагмент временного ряда частоты (синтетического) с наложением скользящей медианы (окно 2,5 с) и глобальной медианы

На рис. 4 показано поведение скользящей медианы синтетического ряда: синий график представляет исходный сигнал ($\approx 10\,000$ точек), красная линия – медиану по окну в 125 точек, а зелёный пунктир демонстрирует общую медиану ($\approx 50,00$). Мгновенные значения хаотично колеблются вокруг общей медианы с амплитудой около 0,02–0,03, тогда как скользящая медиана

сглаживает эти флуктуации, отражая более медленные тенденции и не отклоняясь от глобального уровня более чем на 0,01–0,02. В течение сотен точек она возвращается к номиналу, что указывает на отсутствие дрейфа: модель не «уплывает» вверх или вниз благодаря механизму обратной связи [1]. Аналогичные колебания наблюдаются и в реальном сигнале [12], что свидетельствует о сохранении долгосрочных статистических свойств и совпадении среднего уровня за продолжительные периоды.

Предложенная LSTM-модель совместно с процедурой генерации обеспечивает высокий уровень достоверности синтетических данных. Сгенерированный ряд повторяет распределение вероятностей, включая экстремальные значения с правильной частотой появления [1, 10], воспроизводит спектральное содержание на всех временных масштабах без артефактных трендов и сохраняет корректный средний уровень [4]. Эти результаты подтверждают выводы других исследователей о возможности нейронных сетей генерировать сложные нестационарные ряды с сохранением их статистических свойств [1, 4]. Модель обучалась на данных всего одного дня работы энергосистемы, но этого объёма оказалось достаточно для моделирования ключевых характеристик; однако для генерации сценариев с другими аварийными событиями или нагрузками потребуются дообучение или обновление исходных данных.

Тем не менее подход имеет ограничения. Поскольку модель однодневная и одномерная, она не учитывает зависимость частоты от нагрузки, выработки мощности и состояния регуляторов. Кроме того, механизмы добавления шума и медианной обратной связи подобраны эмпирически и в

иных условиях могут потребовать перенастройки: слишком сильный шум исказит спектр, а слишком слабая обратная связь не предотвратит дрейф.

Полученные результаты имеют практическую ценность для электроэнергетики. Генератор достоверных временных рядов частоты может быть использован для тестирования систем автоматического управления без воздействия на реальную сеть, моделирования аварийных ситуаций и проверки устойчивости энергосистемы, а также для синтеза дополнительных данных при обучении моделей обнаружения аномалий. Рекомендации по расширению подхода на другие параметры энергосистемы – нагрузку, напряжение, потоки мощности – открывают путь к дальнейшему сочетанию методов машинного обучения и классической теории цепей с целью повышения устойчивости и надёжности сетей.

Библиографический список

1. M. Turowski et al. Generating synthetic energy time series: A review // *Renew. Sust. Energy Rev.*, vol. 206, p. 114842, 2024.

2. Н.И. Кузнецов, А.Б. Иванова. Применение рекуррентных нейросетей для синтеза временных рядов сетевой частоты // *Электротехника и энергетика*, 2022, № 3, с. 67–75.

3. М.Ю. Новиков, Е.П. Демидова. Анализ и синтез временных рядов параметров энергосистем на основе LSTM // *Вестник СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*, 2023, т. 29, № 2, с. 102–110.

4. J. Kruse et al. Physics-Informed Machine Learning for Power Grid Frequency Modeling // *PRX Energy*, 2, 043003, 2023.

5. S. Hochreiter, J. Schmidhuber. Long Short-Term Memory // *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780, 1997.

6. J. Schmidhuber. Deep Learning in Neural Networks: An Overview // *Neural Networks*, 61, 85–117, 2015.

7. F. Gers, J. Schmidhuber, F. Cummins. Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM // *Neural Computation*, 12(10), 2451–2471, 2000.

8. А.В. Ковалев, Н.Г. Петрова. Применение LSTM для прогнозирования временных рядов параметров энергосистемы // *Энергетика и промышленность России*, 2024, № 7, с. 23–30.

9. С.А. Петров, М.В. Сидоров. Моделирование частотных колебаний энергосистем методами машинного обучения // *Энергетика: проблемы и решения*, 2021, № 4, с. 45–54.

10. B.R. Alqaysi, M. Rosa-Zurera, A.A. Aldujaili. Non-Linear Synthetic Time Series Generation for EEG Data Using LSTM // *AI*, 6(5), 89, 2025.

11. В.В. Кузьмин, Т.И. Лебедева. Генерация синтетических временных рядов для тестирования алгоритмов автоматического частотного регулирования (АЧР) // *Международный журнал прикладных исследований энергетики*, 2020, т. 10, № 2, с. 12–20.

12. X. Wen et al. Non-standard power grid frequency statistics in Asia, Australia, and Europe // *arXiv preprint*, arXiv:2308.16842, 2023.

Информация об авторах

Степанов Никита Сергеевич – студент, Северного Арктического Федерального Университета (163002, Россия, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 17), e-mail: stepanov.n@edu.narfu.ru

Information about the author

Nikita S. Stepanov – student, at the Northern (Arctic) Federal University (163002, Russia, Arkhangelsk, Severnaya Dvina Embankment, 17), e-mail: stepanov.n@edu.narfu.ru

УДК 517.98

PLM-СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКОГО РЕШЕНИЯ ЛОЦМАН:PLM

Д.М. Фоменко¹, Я.А. Ивченко¹, В.С. Козинский¹

¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: В статье рассматриваются PLM-системы как ключевой инструмент цифровой трансформации промышленности, с акцентом на отечественное программное решение ЛОЦМАН: PLM, проведён анализ архитектуры, функциональных возможностей и интеграционных механизмов системы, обеспечивающих её адаптацию к требованиям российского промышленного сектора

Ключевые слова: PLM-системы, ЛОЦМАН: PLM, российское ПО для промышленности, управление жизненным циклом продукта

PLM SYSTEMS AS A TOOL FOR INDUSTRIAL DIGITAL TRANSFORMATION: FEATURES OF THE RUSSIAN SOLUTION LOTSMAN:PLM

D.M. Fomenko¹, Y.A. Ivchenko¹, V.S. Kozinsky¹

¹*Voronezh state technical University*

Abstract: This article examines PLM systems as a key tool for the digital transformation of industry, with a particular focus on the Russian software solution LOTSMAN:PLM. The architecture, functional capabilities, and integration mechanisms of the system are analyzed, highlighting its adaptation to the requirements of the Russian industrial sector.

Keywords: PLM systems, LOTSMAN: PLM, Russian industrial software, product lifecycle management.

В условиях стремительного развития технологий промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью управления всё более сложными продуктами. Рост конкуренции, ужесточение нормативных требований и необходимость быстрого вывода инноваций на рынок требуют новых подходов к организации процессов разработки и производства. Одним из ключевых инструментов, позволяющих справляться с этими вызовами, является управление жизненным циклом продукта (Product Lifecycle Management, PLM).

PLM как концепция появилась в 1980-х годах, когда компании начали активно внедрять системы автоматизированного проектирования (CAD) и управления инженерными данными (PDM). С развитием

технологий и увеличением объема данных, необходимых для управления продуктами, PLM-системы стали неотъемлемой частью промышленности. Сегодня они представляют собой комплексные платформы, которые интегрируют данные, процессы, бизнес-системы и людей, обеспечивая централизованное управление информацией о продукте на всех этапах его жизненного цикла — от концепции до утилизации. С учётом высокой степени интеграции и многофункциональности, PLM-система не существует изолированно, а является частью общей цифровой архитектуры предприятия [1]. Ниже представлена схема, отражающая место PLM-системы в информационной инфраструктуре промышленной организации (рис. 1).

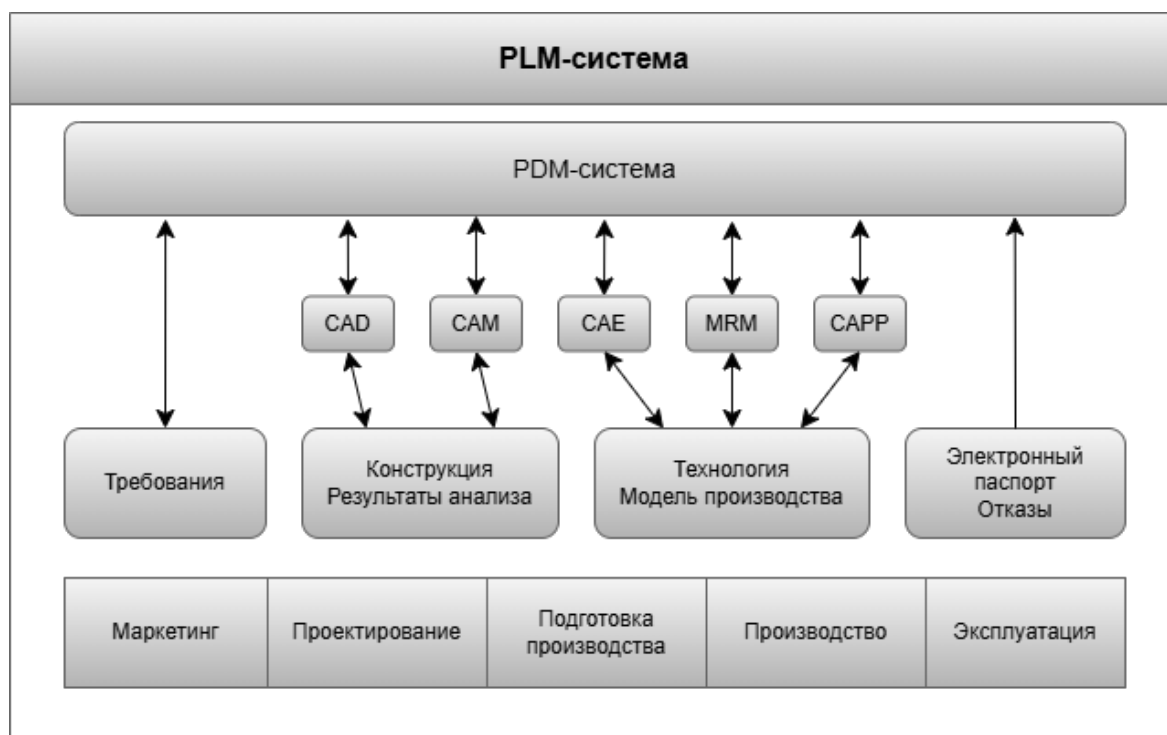


Рис. 1. Архитектура PLM-системы и её место в информационной инфраструктуре промышленного предприятия

Современные PLM-системы реализуют широкий спектр инструментов, направленных на поддержку управления жизненным циклом изделия. К числу базовых функций относятся ведение электронных спецификаций (ЭСИ), конфигурация продукции, сопровождение версионности, а также управление нормативно-справочной информацией (НСИ). Подобные модули позволяют централизовать инженерные и технологические данные, обеспечивая согласованность и прослеживаемость изменений. Однако в условиях реальной эксплуатации отмечаются трудности с унификацией НСИ, особенно при интеграции PLM с ERP-системами, использующими собственные форматы данных.

Управление изменениями в PLM-системах включает контроль и документирование изменений, вносимых в продукт на протяжении его жизненного цикла. Это обеспечивает прозрачность процесса

изменений и помогает минимизировать ошибки, улучшая качество продукции. Электронный архив хранит все версии документов и данных, связанных с продуктом, что позволяет быстро находить необходимую информацию и восстанавливать историю изменений. Управление нормативно-справочной информацией позволяет централизованно управлять стандартами, регламентами и техническими условиями, помогая предприятиям оперативно реагировать на изменения в законодательстве и отраслевых стандартах.

Хотя обычно внедрение PLM-систем происходит медленно, согласно оценкам исследовательско-аналитической компании Gartner, обладает высокой эффективностью (табл. 1) [2].

На рынке существует множество PLM-решений, как зарубежных, так и отечественных.

Таблица 1 Эффективность внедрения PLM-систем от компании Gartner

Преимущества	Эффект
Повышение производительности труда	43%
Сокращение сроков проектирования	46%
Повышение эффективности взаимодействия с контрагентами	74%
Капитализация знаний, повторное использование наработок	44%
Соблюдение графика выпуска продукции	20%
Сокращение производственных издержек	25%
Повышение качества продукции	32%

Среди зарубежных PLM-систем выделяются три крупнейших игрока: Siemens Teamcenter и PTC Windchill из США, а также Dassault Enovia из Франции. Эти платформы обеспечивают централизованное управление инженерными и производственными данными, обладают встроенными модулями для интеграции с CAD/CAM/CAE-средами, инструментами управления изменениями (Change Management), поддержки системной инженерии (MBSE), работы с требованиями (Requirements Management), а также средствами совместной разработки в распределённых командах. Благодаря развитой функциональности и гибкой архитектуре, данные системы активно применяются в автомобилестроении, аэрокосмической промышленности, электронике и других высокотехнологичных отраслях. Однако, при адаптации к российским реалиям нередко выявляются трудности, связанные с необходимостью локализации под Единую систему конструкторской документации (ЕСКД), Единую систему технологической документации (ЕСТД), а также соответствия требованиям информационной

безопасности. Кроме того, высокая совокупная стоимость владения, включая лицензирование и сопровождение, ограничивает их широкомасштабное применение в малых и средних производственных компаниях Российской Федерации.

В настоящее время российский рынок предлагает ряд PLM-решений, специально адаптированных под особенности работы местных промышленных предприятий. Одним из таких продуктов выступает T-Flex PLM от компании "Топ-системы", представляющий собой комплексное программное обеспечение для управления данными, организации проектных работ и производственных процессов. Данная система отличается совместимостью с CAD-приложениями и высокой степенью кастомизации под индивидуальные запросы предприятий. Среди ограничений системы пользователи отмечают высокую нагрузку на ИТ-инфраструктуру при масштабировании, ограниченную совместимость с западными CAD-системами, а также недостаточную развитость механизмов моделирования жизненного цикла для нестандартизированных отраслей.

Параллельно с этим развивается система "Союз ПЛМ", обеспечивающая контроль над электронными спецификациями, внесением корректировок и нормативно-справочными материалами, что делает её востребованной в машиностроительной и электронной отраслях. Отдельного внимания заслуживает решение 1С PDM, созданное на основе одноимённой платформы и предоставляющее функционал для управления продуктовыми данными и бизнес-процессами, а также обеспечивающее их интеграцию с другими программными продуктами линейки 1С.

Кроме того, белорусская разработка Intermech IPS предлагает аналогичный набор инструментов, включая работу с электронными спецификациями и контроль изменений, что расширяет возможности её применения в различных промышленных секторах.

Вместе с тем, ключевым представителем отечественного рынка PLM-технологий по праву считается ЛОЦМАН:PLM, разработанная компанией "Аскон". Данный продукт представляет собой решение, которое ориентировано на удовлетворение специфических потребностей отечественных компаний, работающих в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, электронику и другие высокотехнологичные сектора. ЛОЦМАН:PLM построен на клиент-серверной архитектуре с централизованным хранилищем инженерных данных, управляемым с помощью реляционной СУБД MS SQL Server и PostgreSQL. Архитектура системы модульная, что позволяет конфигурировать функциональность в зависимости от масштабов предприятия и процессов. Основной серверный компонент взаимодействует с клиентскими приложениями и внешними

системами по протоколу TCP/IP, поддерживая распределённые инсталляции и сетевое взаимодействие между удалёнными филиалами.

Ключевым преимуществом ЛОЦМАН:PLM является наличие интегрированной экосистемы, включающей специализированные программные продукты для сопряжённых задач управления инженерными и производственными данными (рис. 2).

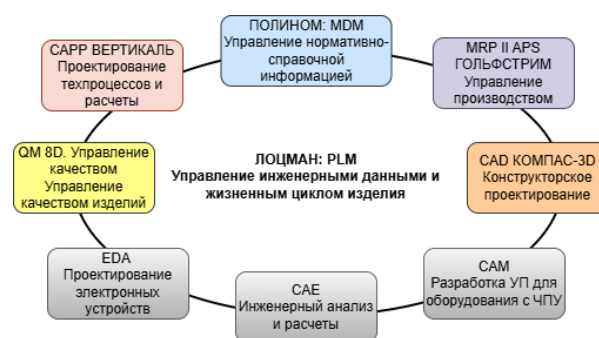


Рис. 2. Экосистема Лоцман:PLM

Так, модуль «Вертикаль» отвечает за формализацию и управление маршрутами документооборота, реализацию процессов согласования и утверждения технической документации. Внедрение данного модуля позволяет обеспечить прослеживаемость всех операций с документами, соответствие требованиям ISO 9001 и нормативному акту ГОСТ 2.054-2013 ЭИО.

Ещё одним важным компонентом является «Полином» — инструмент управления справочниками и классификаторами, обеспечивающий ведение нормативно-справочной информации, включая сведения о материалах, стандартах, поставщиках и технических условиях. Благодаря этому обеспечивается единообразие данных и сокращается вероятность расхождений между различными системами предприятия.

В рамках интеграции с САПР-средами ЛОЦМАН:PLM тесно связан с системой КОМПАС-3D, разработанной тем же вендором. Интеграция реализована на уровне API и позволяет осуществлять автоматическую генерацию спецификаций, управление параметрическими моделями и синхронизацию с ЭСИ. Дополнительно поддерживается подключение к сторонним CAD-системам, включая AutoCAD, SolidWorks и NX, через специализированные коннекторы.

Архитектура системы предусматривает механизмы разграничения прав доступа, включая поддержку ролевых моделей, протоколирование действий пользователей и контроль целостности данных.

Для обеспечения гибкой интеграции с другими информационными системами предприятия реализованы средства обмена данными по открытым стандартам XML, STEP, CSV, а также предусмотрены типовые механизмы сопряжения с ERP-системами, например, 1C:ERP, PDM-решениями и MES-платформами. Это позволяет формировать сквозные информационные потоки в рамках концепции цифрового двойника и цифровой модели изделия.

Таким образом, ЛОЦМАН:PLM выступает не просто как система управления инженерными данными, но как комплексный компонент цифровой производственной среды, обеспечивающий консолидацию нормативной, конструкторской и производственной информации в едином цифровом контуре.

Значительное преимущество ЛОЦМАН:PLM заключается в её глубокой адаптации под российские реалии: система изначально ориентирована на работу в рамках

требований ЕСКД, ЕСТД, ГОСТ и других отечественных стандартов. Это отражается в поддержке типовых шаблонов, классификаторов и структуры документации, характерной для инженерной практики российских предприятий.

Отдельные версии комплекса сертифицированы ФСТЭК, что позволяет использовать их в организациях, работающих с государственным заказом или в критически важных отраслях — таких как оборонная, атомная и авиационная промышленность.

Конкурентоспособность отечественных PLM-решений в долгосрочной перспективе будет зависеть от их способности адаптироваться к быстро меняющимся условиям и требованиям рынка. Важно продолжать инвестировать в разработку и внедрение этих систем, а также в обучение специалистов, чтобы максимально эффективно использовать их возможности. В конечном итоге, успешное применение PLM-систем поможет российским предприятиям не только удовлетворять текущие потребности, но и формировать будущее промышленности, основанное на инновациях и высоких технологиях.

Библиографический список

1. Паскарь Д. А. Обзор рынка PLM-систем // Научный портал КузГТУ [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <https://clck.ru/3M3GR2> (дата обращения: 15.04.2025).
2. Гудкова О.Е. Практика применения концепций организации производства по выполнению государственного оборонного заказа // Научный вестник ОПК России. – 2020. – № 1. – С. 63–73.

Информация об авторах

Фоменко Дмитрий Максимович - студент четвертого курса кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: fdm.fomenko@mail.ru

Ивченко Ярослав Александрович - студент четвертого курса кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: yarroska@yandex.ru

Козинский Вячеслав Сергеевич - ассистент кафедры компьютерных интеллектуальных технологий проектирования, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: kozei@mail.ru

Information about the author

Dmitry M. Fomenko – a fourth-year student of the Department of Computer Intelligent Design Technologies, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: fdm.fomenko@mail.ru

Yaroslav A. Ivchenko – a fourth-year student of the Department of Computer Intelligent Design Technologies, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: yarroska@yandex.ru

Viacheslav S. Kozinsky – assistant of the Department of Computer Intelligent Design Technologies, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: kozei@mail.ru

УДК 004.9

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДА МЕДИКАМЕНТОВ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

М.В. Паринов¹, С.А. Мнацаканян¹

¹ООО «Я Робот», Воронеж, Россия

Аннотация: Работа посвящена вопросам реализации системы управления аппаратно-программным комплексом в виде робототехнического решения в составе программно-аппаратного комплекса системной автоматизации склада медикаментов. В работе представлена аппаратная архитектура системы управления, рассмотрены основные модули, интерфейсы для связи. Описан функционал всех элементов системы, предложена элементная база для реализации системы управления, представлен физический уровень интерфейсов.

Ключевые слова: система управления, микроконтроллерные модули, интерфейсы, датчики и исполнительные устройства, автоматизированный склад, аппаратно-программный комплекс, робототехническое решение, скорая медицинская помощь.

IMPLEMENTATION OF A ROBOTIC SOLUTION CONTROL SYSTEM FOR THE SYSTEM AUTOMATION OF AN AMBULANCE MEDICINE WAREHOUSE

M.V. Parinov¹, S.A. Mnatsakanyan¹

¹Limited liability company «Ya Robot», Voronezh, Russian Federation

Abstract: The subject of the following paper is implementation of the hardware and software control system in the form of a robotic solution as part of the automated appliance for medical warehouses. The paper presents the hardware architecture of the control system, covers the basic units and communication interfaces. The functionality of all system elements is described, the element base for the implementation of the control system is proposed, and the physical interface layer is presented.

Keywords: control system, microcontroller units, interfaces, sensors and executive devices, automated warehouse, appliance, robotic solution, emergency healthcare

Рассматриваемая система управления входит в состав программно-аппаратного комплекса для системной автоматизации склада медикаментов скорой медицинской

помощи. Она предназначена для управления робототехнической частью комплекса (нижним уровнем комплекса). Ее основным назначением является реализация всех

управляющих функций и работы с датчиками.

Система управления разделена на иерархические уровни, каждый из которых

разбивается на функциональные блоки. Схематическая реализация системы управления показан на рисунке 1.

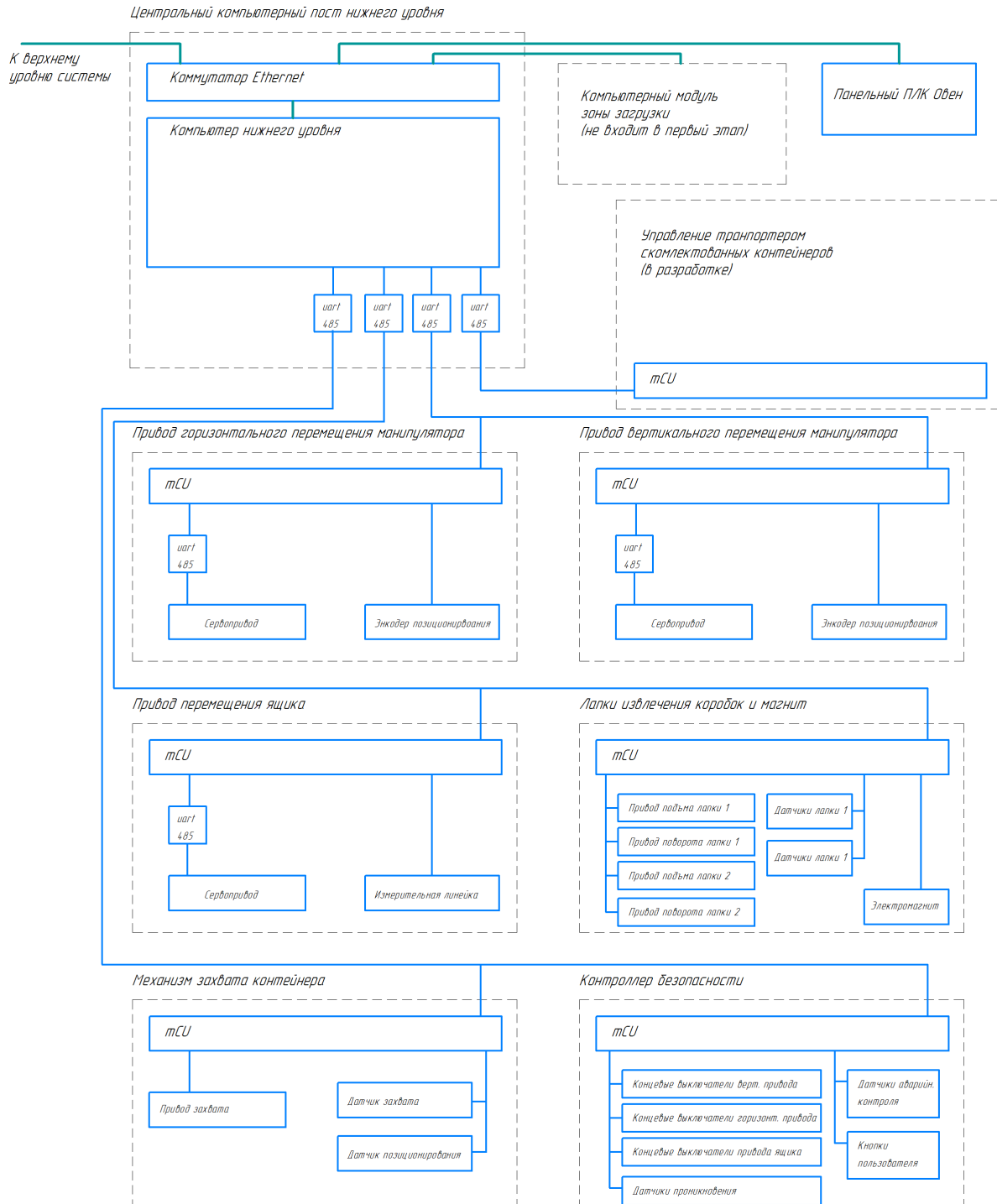


Рис. 1. Блок-схема системы управления

Верхний уровень связан с нижним сетью Ethernet. Подключение осуществляется

через типовой коммутатор Ethernet. Обработка входящих команд осуществляется

исключительно компьютером нижнего уровня. Другие устройства нижнего уровня с интерфейсом Ethernet не получают команды от верхнего уровня напрямую. Они передаются от компьютера нижнего уровня.

Компьютер нижнего уровня отвечает за обработку команд от верхнего уровня, реализацию алгоритма управления исполнительными устройствами и обработки данных датчиков. Управление осуществляется через микроконтроллерные модули управления, отвечающие за определенный узел или действие. Например, если верхний уровень передает команду на извлечение коробки с медикаментами из заданной ячейки, компьютер нижнего уровня первоначально передает команду на контроллер перемещения горизонтального привода с целью перемещения в заданную позицию, которую он рассчитывает и отслеживает выполнение. Затем аналогичное действие выполняется для вертикального перемещения и так далее.

Микроконтроллерные модули управления отвечают за работу с конечными устройствами и датчиками. Они формируют алгоритм и команды управления конечными устройствами, реализуют первичную обработку данных от датчиков. Например, если компьютер нижнего уровня отдал команду микропроцессорному модулю на перемещение на 1000 мм вперед, то микроконтроллерный модуль рассчитывает параметры ускорения и скорости, а также временные параметры работы сервопривода, чтобы обеспечить заданное перемещение и выдает соответствующие команды исполнительному устройству.

Таким образом, формируется трехуровневая структура нижнего уровня, которая позволяет легко масштабировать

систему в целом, повысить ее надежность, значительно ускорить процесс поиска и устранения ошибок и неисправностей.

Рассмотрим основные элементы системы управления нижнего уровня робототехнического решения.

Центральный компьютерный пост нижнего уровня содержит компьютер нижнего уровня, коммутатор Ethernet, модули преобразования интерфейсов. Коммутатор Ethernet любой неуправляемый коммутатор на 6 – 8 портов с минимальной пропускной способностью 1Gb/s. Модули преобразования интерфейсов любые с уровнями 3.3В, преимущество модулям на микросхеме MAX485. Допускается применение USB – RS-485 преобразователей. Однако их необходимо применять с осторожностью в связи с ухудшением параметров времени доступа к портам, что приводит к ухудшению времени отклика робота в целом. В качестве компьютера нижнего уровня предлагается использовать одноплатный компьютер Orange Pi 5+ [1].

Коммутатор используется для автоматического управления фреймами сети Ethernet. Его настройки и модификация не требуется. Управление трафиком реализуется на уровне других сетевых устройств.

Модуль преобразования интерфейсов необходим для преобразования уровней и временных диаграмм сигналов, формируемых стандартным UART (USB опционально) в RS-485. Использование RS-485 необходимо для обеспечения достаточной кабельной дистанции и реализации шины с количеством устройств, превосходящим 2.

Компьютер нижнего уровня отвечает за обработку API команд верхнего уровня, формирование ответов и формирование алгоритмических последовательностей, отвечающих за исполнение данных команд.

Команды разбиваются на операции, выполняемые каждым микроконтроллерным модулем. По результатам их выполнения формируется ответ компьютеру. Также микроконтроллерные уровни могут передавать сообщения об авариях и важных событиях.

Команды для микроконтроллерных модулей не могут формироваться в режиме жесткого реального времени. Это является первопричиной введения иерархического уровня с микроконтроллерными модулями. Так как микроконтроллер в состоянии управлять устройством в том числе в режиме жесткого реального времени. Также дополнительным обоснованием принятой архитектуры является программная декомпозиция с выделением простейших функций управления аппаратными ресурсами на нижний уровень. Это позволяет упростить разработку, наладку и модернизацию системы.

Связь с подчиненными устройствами компьютер нижнего уровня обычно осуществляет посредством RS485 через адаптер интерфейса. Однако для некоторых устройств предусмотрен сетевой обмен через Ethernet. Например, данный интерфейс используется для панельного компьютера оператора и компьютерного модуля зоны загрузки.

Панельный ПЛК [2] Овен используется в качестве интерактивной панели оператора для реализации загрузки с участием оператора, которая реализована на первом этапе запуска изделия. Панель применяется для запроса ящика под загрузки с требуемыми параметрами, для отправки заполненного ящика, для запуска и останова робота и получения служебной информации. Фактически изделие выполняет роль обычной панели оператора. Использование панельного ПЛК обосновано простотой

разработки при невысокой стоимости устройства. В последующих версиях робототехнического решения данный компонент планируется удалить в связи с использованием полного автоматического режима.

Компьютерный модуль загрузки в настоящее время не разработан. Предполагается использование одноплатного компьютера с модулем искусственного интеллекта. Данный выбор обусловлен планированием использовать машинное зрение при автоматическом разборе коробок с медикаментами из кучи.

При проектировании топологии шин RS-485 [3,4] использовался принцип оценки предполагаемого трафика. Исходя из данного параметра определялись устройства, работающие на одной шине.

Приводы горизонтального и вертикального перемещения манипулятора подключены к единой шине RS-485. Это обусловлено сравнительно небольшим объемом управляющего и трафика и телеметрии.

Микроконтроллерный модуль горизонтального перемещения манипулятора содержит микроконтроллер (предполагается использование STM32F4 [5,6] или ESP32 [7]), конвертер интерфейса UART – RS-485, буферные модули для согласования инкрементального энкодера.

Микроконтроллер получает команды, в которых указываются параметры перемещения (скорость, ускорение и т.д.), направление перемещения и дистанция. На основании данных команд формируются управляющие последовательности жесткого реального времени, которые передаются сервоприводу горизонтального перемещения посредством интерфейса RS-485. Обратно от привода микроконтроллер получает

подтверждение команд, телеметрию, данные с энкодера электродвигателя, которые используются в качестве дополнительного метода оценки пройденного пути.

Основным источником данных о позиции тележки горизонтального перемещения манипулятора служит датчик оригинальной конструкции, использующий принцип энкодера на основе эффекта Холла. Данный датчик используется специализированную (нестандартную) линейку, расположенную вдоль рельсового пути. Обработку полученных данных реализует микроконтроллер модуля. Обработанные результаты сравниваются с вспомогательным датчиком, в качестве которого применяется встроенный энкодер электродвигателя.

Управление встроенным тормозом осуществляется через команды сервопривода. Конечные (аварийные) положения манипулятора отслеживаются концевыми выключателями. Однако их сигналы обрабатываются другим модулем. Данная реализация объясняется тем, что концевые выключатели не используются в нормальном режиме работы.

Функциональность и реализация системы управления привода вертикального движения идентична. Отличием является незначительные различия в системе команд и настройки параметров движения, включая сигналы от энкодерного датчика оригинальной конструкции.

Система управления приводом движения ящика по реализации приближена к рассмотренным выше приводам. Однако в качестве датчика определения текущей позиции вместо оригинальной конструкции используется типовая оптическая линейка. Данный микропроцессорный модуль находится на одной шине с модулем

управления лапками и электромагнитом.

Микроконтроллерный модуль управления лапками извлечения коробок и электромагнитом обеспечивает управление вертикальным и горизонтальным движением лапок (каждая из них имеет одинаковую конструкцию и функционал и располагается в противоположных концах ящика) и электромагнитом захвата ящика. Для перемещения лапки вокруг оси используется сервопривод с управлением ШИМ сигналом, который микроконтроллер формирует посредством встроенного таймера. Для управления приводом вертикального перемещения используется дискретный сигнал выхода GPIO. Между микроконтроллером и приводом используется согласующий транзисторный модуль. Аналогично реализовано управление электромагнитом.

Обратная связь предусмотрена для приводов лапок. Он формируется дискретными сигналами. В следующих итерациях допускается использование энкодера (при необходимости).

Микроконтроллерный модуль механизма захвата контейнера для выгрузки скомплектованных медикаментов использует дискретные выходы GPIO с дополнительными транзисторными буферами для управления исполнительным механизмом, реализующим поворот захватывающего устройства для удержания и отпуска контейнера. Также модуль обрабатывает дискретные сигналы от датчиков положения захватывающего устройства (оценка возможного заклинивания или неточного позиционирования) и датчиков положения контейнера в зоне захвата. Данный модуль находится на одной шине RS-485 с контроллером безопасности.

Контроллер безопасности является микроконтроллерным устройством для

сбора и обработки данных с датчиков, отрабатывающих аварийные ситуации робототехнического комплекса. К ним относятся датчики крайнего положения каждого из приводов (по 2 штуки на привод), датчик нахождения человека в зоне работы манипулятора, датчики перегрева, дыма, перегрузки по току. Перечень датчиков может быть расширен согласно техническому заданию. В настоящее время все применяемые датчики являются цифровыми и используют для подключения линии общего назначения GPIO.

Также к данному устройству подключается кнопка аварийной остановки. Она обеспечивает корректную остановку устройства (с включением тормозов), что является более безопасным, чем отключение электропитания. На случай выхода из строя или программного сбоя системы управления реализована параллельная линия аварийного отключения, предполагающая полное обесточивание робототехнического решения при отсутствии отклика от систем автоматики.

Микропроцессорный модуль управления транспортером скомплектованных контейнеров, как и все рассмотренные модули, построен на 32 разрядном микроконтроллера STM32F4 или ESP32. Его функциональность – управления транспортером с целью подачи пустых контейнеров в зону захвата и перемещение заполненных контейнеров в зону отгрузки.

Библиографический список

1. Огороков, В. Г. Orange Pi PC - полноценный мини-ПК на Linux / В. Г. Огороков, Д. М. Скуднєв // Информационные технологии в процессе подготовки современного специалиста: Межвузовский сборник научных трудов. Том Выпуск 22. – Липецк:

Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2018. – С. 106-108. – EDN YTJLZZ.

2. Клименко, А. А. Сравнение программируемых логических контроллеров на примере "ОВЕН ПЛК 200/ПЛК 210" и "SIEMENS SIMATIC S7-300" / А. А. Клименко, Д. В. Белых // Наука и производство Урала. – 2022. – Т. 18. – С. 60-61. – EDN MBXUTG.

3. Мараис, Х. Руководство по реализации схем с интерфейсами RS-485/RS-422 / Х. Мараис, А. Сотников // Компоненты и технологии. – 2011. – № 5(118). – С. 164-170. – EDN NQZYSN.

4. Travis, B. Microcontroller discerns addresses in RS-485 system / B. Travis // EDN. – 2001. – Vol. 46, No. 25. – P. 108. – EDN DQJHYF.

5. Design of controlling system about the high-power PMSM based on STM32 / H. Liu, J. Tian, Y. Gai, S. Huang // 2010 International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering, CMCE 2010, 24–26 августа 2010 года / sponsors: IEEE Industrial Electronics Society Beijing (Shenzhen) Chapter, Changchun University of Technology, Intelligent Inf. Technol. Appl. Res. Assoc. (IITA Assoc.). Vol. 4. – Changchun, 2010. – P. 374-377. – DOI 10.1109/CMCE.2010.5610141. – EDN OCHWAT.

6. Греков, Э. Л. Разработка многофункционального модуля управления электроприводом на микроконтроллере STM32 / Э. Л. Греков, А. С. Безгин, В. А. Сорокин // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : Труды X Всероссийской научно-технической конференции, Оренбург, 01 января – 31 2019 года / Министерство науки и высшего образования Российской

Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 386-390. – EDN MLIZER.

7. Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices / D. Hercog, T. Lerher, M. Truntiĉ, O. Težak // Sensors. – 2023. – Vol. 23, No. 15. – P. 6739. – DOI 10.3390/s23156739. – EDN WDIPWQ.

Информация об авторах

Паринов Максим Викторович - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет; Общество с ограниченной ответственностью «Я робот», Воронеж, Российская Федерация, e-mail: parmax@mail.ru

Мнацаканян Сергей Александрович - Общество с ограниченной ответственностью «Я робот», Воронеж, Российская Федерация e-mail: s@r-service.net

Information about the author

Maxim V. Parinov - candidate of science, associate professor, Voronezh State Technical University limited liability company «Ya Robot», Voronezh, Russian Federation, e-mail: parmax@mail.ru

Sergey A. Mnatsakanyan - limited liability company «Ya Robot», Voronezh, Russian Federation, e-mail: s@r-service.net

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМ БИЗНЕСОМ

И.Д. Сергеев¹, Е.А. Салтанаева¹

¹*Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В данной статье рассматривается возможность разработки собственной CRM-системы для управления малым бизнесом, а именно управление страйкбольным клубом. Основной целью системы будет являться надежное хранение персональных данных клиентов, управление этими данными, ведение бухгалтерии и учет за оказанными услугами.

Ключевые слова: Информационная система, CRM-система, разработка, малый бизнес

CRM SYSTEM DEVELOPMENT FOR SMALL BUSINESS MANAGEMENT

I.D. Sergeev¹, E.A. Saltanaeva¹

¹*Kazan State Power Engineering University*

Abstract: This article discusses the possibility of developing your own CRM system for managing small businesses, namely airsoft club management. The main purpose of the system will be reliable storage of personal customer data, management of this data, bookkeeping and accounting for the services provided.

Keywords: Information system, CRM system, development, small business

В настоящее время трудно представить такую сферу жизни, в которой до сих пор не используют какие-либо современные ИТ технологии. Особенно хорошо они показывают себя в коммерческих организациях разного уровня. Однако, чем организация меньше, тем меньше вероятность того, что она сможет позволить себе

эффективные ИТ решения. Всем компаниям нужно иметь возможность эффективно управлять своей базой клиентов, вести какие-то бухгалтерские операции, платить налоги и так далее.

Для реализации подобных задач на помощь приходят CRM-системы (Customer Relationship Management). Эта система

позволяет обрабатывать, анализировать, сохранять всю информацию твоего бизнеса и самое главное – обрабатывать взаимоотношения с клиентами.

В этой статье будут рассматриваться процессы разработки собственной CRM-системы для управления страйкбольным клубом и будет сделан акцент на использовании современных технологиях программирования. Для разработки будет использоваться фреймворк Laravel для серверной части, фреймворк Vue.js для фронтенд части и систему управления базами данных MySQL. Цель разработки – получить готовую информационную систему управления, которая будет закрывать все потребности потенциального клиента, а именно: клиентский учет, ведение бухгалтерии с отчетами, сопровождение всех оказываемых услуг, а также сохранение всей необходимой документации.

На сегодняшний день представлено большое количество готовых CRM-систем, которые обладают широким функционалом и имеют гибкую архитектуру, что позволяет интегрировать систему под различные типы бизнеса. Однако, они имеют ряд недостатков:

1. Хранение данных.

Абсолютно все данные хранятся на серверах у какой-то компании. Было бы предпочтительнее сохранять данные на собственных серверах.

2. Бизнес-модель.

Большинство CRM-систем предоставляются как SaaS (Software as Service) продукты, то есть доступ к системе появляется в виде подписки на какое-то время. Для крупного или среднего бизнеса, с постоянным уровнем дохода такие расходы оправданы, так как покрываются за счет масштабов своей деятельности, а для малого бизнеса ситуация иная.

Применение CRM-систем в бизнесе и их проблематика описывается в отечественной и иностранной литературе. Так Вылегжанина А.О. в своем учебном пособии рассматривает основы CRM-систем, их возможности и задачи в бизнесе. Автор делает акцент на ключевых функциях CRM-систем: управление отношением с клиентами, повышение качества обслуживания, анализ взаимодействия с клиентами [1].

Основные моменты по проектированию и построению архитектурной системы будущего ИТ продукта рассматривает Алиев Т.И., выделяет фундаментальные подходы к созданию начальной архитектуры, описывает принципы организации реляционных баз данных, повествует различные методы для анализа и формирования бизнес-процессов.

В качестве серверной части продукта был выбран язык программирования PHP и его один из самых популярных фреймворков - Laravel. Laravel имеет удобную архитектуру создаваемых приложений по модели MVC (Model View Controller), поддерживает работу с базой данных посредством ORM Eloquent, умную маршрутизацию, систему миграций данных, а также обладает встроенными средствами аутентификации пользователей. Все эти возможности позволяет быстро, качественно и без лишних нервов разворачивать веб приложения различной сложности с высоким уровнем безопасности. Стаффер М. подробно описывает построения приложений на Laravel, отвечает на вопросы архитектуры, тестирования и оптимизации приложений [3].

Во фронтенд части приложения выступает фреймворк Vue.js, он позволяет реактивно изменять различные данные, обеспечивает компонентную структуру и предоставляет возможность для построения интерактивного пользовательского

интерфейса. Все это позволяет создавать динамичные страницы с разнообразным содержимым и минимальной нагрузкой на сервер. В литературе Гарагусо П. рассказывает про систематизированные шаблоны проектирования Vue.js, а также лучшие практики его применения в реальных приложениях. Все это позволяет создавать структурированные и расширяемые пользовательские интерфейсы, которые будут соответствовать требованиям SPA (Single Page Application) приложений [4].

Для надежного и структурированного хранения данных будет использоваться СУБД MySQL. Это реляционная база данных, которая обеспечивает надежное хранение и обработку данных, имеет поддержку транзакций и выполнение сложных запросов. MySQL без проблем работает с Laravel через Eloquent ORM, что упрощает работу с данными и ускоряет процесс разработки.

Руководство Кузнецова М.В. раскрывает практические аспекты работы с MySQL, включая оптимизацию запросов, проектирование баз данных и обеспечение целостности данных. Эти положения важны при проектировании CRM, так как система предполагает обработку большого количества связанных данных [9].

Бекенд и фронтенд не могут работать без какой-либо связи, ведь логика работы состоит в том, что бекенд работает с данными, обрабатывает их и передает на фронтенд, тот в свою очередь выполняет отрисовку и подставляет данные в нужные места. Связать эти два компонента между собой позволяет Inertia.js. Эта технология позволяет Vue.js получать данные напрямую от Laravel и благодаря такой связи создавать какой-либо REST API не нужно. Такой подход объединяет преимущества простого серверного рендеринга и современного SPA приложения.

Собственно разработанная CRM-система обладает рядом особенностей, благодаря которым она способна конкурировать с имеющимся, на текущий момент, решениями от крупных фирм.

В первую очередь, система ориентирована на нужды малого бизнеса, где важным аспектом является уменьшение расходов буквально на всем. В отличие от остальных CRM-систем, разработанная система будет полностью автономной и не будет требовать какой-либо платной подписки. Основные расходы будут только на этапе разработки и внедрения. В дальнейшем траты будут покрывать только обслуживание сервера и, при необходимости, доработкой текущего функционала. Таким образом, малый бизнес экономит на отсутствии регулярных платежей, снижает стоимость владения CRM-системой в течении 2-3 лет. На первый взгляд это не значительная экономия, но для малого бизнеса, особенно на начальном периоде – это значительно ощущается, что позволяет перераспределить средства на развитие своего дела.

Во-вторых, какой бы гибкой не была предоставляемая CRM-система, ей тяжело будет конкурировать с целенаправленной разработкой именно под свое дело. Ведь при разработке собственной системы можно внедрить абсолютно любой функционал, который только хочешь. Это повышает эффективность бизнес-процессов за счет оптимизации работы с клиентами, своей, возможно уникальной, логикой работы, сокращения времени на обработку заявок и автоматизации рутинных задач.

В-третьих, архитектура системы основана на связи Laravel, Vue.js и Inertia.js – это обеспечивает баланс между производительностью и удобством эксплуатации. Использование SPA приложения позволяет

пользователям системы работать в ней без полной перезагрузки страниц, таким образом повышать скорость своей работы. Также отсутствие полноценного REST API упрощает архитектуру и снижает трудоемкость разработки подобной системы.

В совокупности всего перечисленного наблюдается ряд перспектив для развития и возможно выход на рынок со своим продуктом:

1. Расширение функционала.

Можно иметь какой-то общий скелет, на который будет нанизываться нужный, для потенциального клиента, функционал, который будет требоваться только ему. Это могут быть разнообразные модули, например, модуль для аналитики продаж, модуль для интеграции с мессенджерами, модуль для рассылок какой-либо информации, модуль по управлению маркетинговыми компаниями и так далее.

2. Интеграция с внешними сервисами.

В настоящее время перспективным направлением является подключение каких-либо внешних сервисов, например, интеграция с платежными системами, сервисами онлайн бронирования, интеграция с бухгалтерскими системами и тому подобное. Все это позволяет расширить практические возможности системы без необходимости изобретать велосипед.

3. Разработка мобильного приложения.

Все больше аспектов нашей жизни выполняется через смартфон, вызов такси, заказ продуктов питания и прочее. Почему бы тогда не управлять своим бизнесом через смартфон? Можно внести весь функционал системы в телефон, что даст его владельцу больше мобильности по сравнению со стационарными компьютерами. Разработка мобильной версии CRM-системы на базе технологий кроссплатформенной разработки предоставит доступ к функционалу

системы из любой точки мира и повысит удобство работы.

4. Искусственный интеллект.

Искусственный интеллект окружает нас повсюду. Запись к врачу, помощь в распределении финансов и тому подобное. Добавление такого функционала в систему будет мощным преимуществом по сравнению с конкурентами. ИИ для прогнозирования поведения клиентом, ИИ для выявления закономерностей в продажах.

Таким образом, собственная CRM-система будет являться не просто каким-то одноразовым статичным решением, а по настоящему гибкой платформой, которая будет развиваться в зависимости от потребностей потенциального заказчика и технической возможности.

Библиографический список

1. Вылегжанина, А. О. CRM-системы: учебное пособие. – 2015. – 101 с.
2. Алиев Т. И. Проектирование информационных систем. – М.: Инфра-М, 2020. – 320 с.
3. Мэтт Стаффер Laravel. Полное руководство. – Издательство ДМК Пресс 2020. 544 с
4. Пабло Гарагусо. VueJS 3: Шаблоны проектирования и лучшие практики. – Издательство Вмльямс 2021 296с.
5. Кузнецов М.В. MySQL. Полное руководство. – Издательство БХВ-Петербург 2019. 1008с.
6. 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.
7. Рябовичев, Д. М. Применение технологий искусственного интеллекта в CRM-системах / Д. М. Рябовичев, М. Е.

Надеждина // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2024. – № 3-4(33-34). – С. 207-209. – EDN QNWGFU.

8. 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.

9. Салтанаева, Е. А. Оптимизация деятельности компании в сфере аренды инструментов: внедрение цифровых решений / Е. А. Салтанаева, С. М. Куценко // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 2(175). – С. 700-704. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.126. – EDN ACALXU.

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, тел: +7 (843) 519 43 27

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, phone: +7 (843) 519 43 27

УДК 517.98

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.Л. Хакимова¹, Е.А. Салтанаева¹

¹*Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье проведен анализ современного состояния цифровизации здравоохранения в России. Рассмотрены особенности внедрения медицинских информационных систем и перехода на электронные медицинские карты. Выявлены ключевые проблемы, связанные с отсутствием единых стандартов данных, кибербезопасностью, обработкой неструктурированной информации и эргономикой интерфейсов для медицинского персонала. Сформулированы перспективные направления развития автоматизации медицинских учреждений.

Ключевые слова: цифровизация здравоохранения, медицинская информационная система, электронная медицинская карта, искусственный интеллект, кибербезопасность, автоматизация, стандартизация данных.

AUTOMATION OF MEDICAL INSTITUTIONS: MODERN TRENDS, CHALLENGES, AND PROSPECTS

A.L. Khakimova¹, E.A. Saltanaeva¹

¹*Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article analyzes the current state of healthcare digitalization in Russia. It examines the implementation of medical information systems and the transition to electronic medical records. Key challenges are identified, including the lack of unified data standards, cybersecurity issues, processing of unstructured information, and interface ergonomics for medical personnel. Promising directions for the development of healthcare institutions' automation are outlined.

Keywords: healthcare digitalization, medical information system, electronic medical record, artificial intelligence, cybersecurity, automation, data standardization.

Современные медицинские учреждения сталкиваются с постоянным ростом объема информации: результатами обследований и анализов, историей болезней, медицинскими отчетами и документами. Использование бумажных носителей затрудняет работу учреждения, увеличивает риск потери данных и негативно сказывается на времени обслуживания пациентов. В таких условиях становится очевидной необходимость медицинских информационных систем, которые позволяют управлять постоянно растущими объемами данных и обеспечивают оперативный доступ персонала к актуальной информации с рабочего места любому специалисту данного учреждения с учетом прав доступа.

Медицинская автоматизированная информационная система (МИС) представляет собой совокупность программно-технических средств, баз данных и знаний, предназначенных для автоматизации различных процессов, протекающих в лечебно-профилактическом учреждении [1]. В понятие МИС входит широкий спектр систем: автоматизированные системы управления (АСУ), медицинские информационно-поисковые системы (МИПС), медицинские информационно-справочные системы (МИСС), медицинские лабораторные информационные системы (МЛИС), системы передачи медицинских данных (СПМД), интеллектуальные информационные системы (ИИС) и другие [2].

Однако, несмотря на развитие и широкое применение таких систем, процесс внедрения МИС в России проходит неравномерно. Крупные федеральные центры оснащены современными ИТ-решениями и активно используют возможности автоматизации, тогда как региональные учреждения сталкиваются с ограниченными ресурсами и менее прогрессивной ИТ-

инфраструктурой. Особое значение в этом контексте имеет переход на электронные медицинские карты (ЭМК). Этот шаг является ключевым для модернизации системы здравоохранения, так как позволяет объединить, структурировать медицинскую информацию и снизить риски утраты данных. Одной из наиболее распространенных проблем при внедрении ЭМК является отсутствие единых стандартов и форматов обмена данными между различными учреждениями [3]. В результате системы, используемые в учреждениях, функционируют на разнородных платформах и используют разные форматы хранения информации. Это создает сложности для интеграции различных систем и снижает общую эффективность автоматизации. Кроме того, неструктурированные данные, такие как врачебные назначения, снимки КТ, МРТ и сканы документов, сложно использовать в аналитике и прогнозировании заболеваний. Это ограничивает возможности применения искусственного интеллекта и систем поддержки принятия решений [4].

Не менее важным аспектом является кибербезопасность. Электронные медицинские документы содержат персональные данные, и их защита требует внедрения современных методов аутентификации, шифрования и контроля доступа. Необходимо организовать резервное копирование данных, ведение электронных журналов операций с документами и проверку их целостности [5].

Эргономика интерфейсов МИС также играет критическую роль. Сложные и перегруженные интерфейсы создают дополнительную нагрузку на медицинский персонал и замедляют рабочие процессы. Рекомендуется разработка интуитивно понятных интерфейсов, адаптированных к конкретным ролям пользователей.

Перспективным направлением является интеграция телемедицинских сервисов с ЭМК в единую цифровую экосистему здравоохранения, что обеспечит преемственность медицинской помощи, ускорит обмен информацией между учреждениями и повысит доступность дистанционных консультаций, особенно в удаленных регионах [6].

Важной составляющей цифровизации является автоматизация управленческих процессов в медицинских организациях: планирование ресурсов, контроль соблюдения стандартов оказания помощи, мониторинг эффективности персонала и оборудования. Современные ИТ-решения позволяют внедрять бизнес-аналитику и системы поддержки управленческих решений, снижая операционные риски и повышая прозрачность работы медицинского учреждения [7].

Активное развитие получают технологии искусственного интеллекта и машинного обучения, применяемые для анализа медицинских изображений, прогнозирования развития заболеваний и поддержки врачебных решений [8]. Вместе с телемедицинскими сервисами и ЭМК они создают потенциал для формирования интегрированной цифровой системы здравоохранения, способной повысить качество и доступность медицинской помощи.

Дополнительным вызовом для цифровизации медицины является необходимость интеграции с государственными информационными системами, такими как ЕГИСЗ (Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения). На практике это требует от разработчиков МИС учета нормативных требований, реализации защищенных каналов передачи данных и использования специализированных протоколов обмена информацией. Несоблюдение этих условий может привести к отказу

в сертификации системы и невозможности ее использования в официальном медицинском документообороте [9].

Помимо технологических вопросов, важную роль играют организационные и образовательные факторы. Для успешного внедрения МИС необходимо системное обучение медицинского персонала и формирование у него цифровых компетенций. Без этого новые решения часто воспринимаются как дополнительная нагрузка, а не как инструмент повышения эффективности. Практика показывает, что наиболее успешные проекты цифровизации сопровождаются программами подготовки специалистов и созданием локальных методических центров по работе с медицинскими информационными системами [10].

Перспективы автоматизации здравоохранения в России напрямую связаны с преодолением существующих барьеров: внедрение единых стандартов медицинских данных, обеспечение надежной защиты персональной информации, развитие методов обработки неструктурированных данных и создание эргономичных интерфейсов [11]. Только комплексный подход к цифровизации позволит обеспечить эффективное взаимодействие между учреждениями, повысить удобство работы медицинского персонала и улучшить качество медицинской помощи, формируя устойчивую и безопасную цифровую экосистему здравоохранения.

Таким образом, автоматизация процессов в медицинских учреждениях сегодня является не только технологической задачей, но и стратегическим направлением развития здравоохранения. Успешная цифровизация требует комплексного подхода, включающего техническую модернизацию, стандартизацию данных, защиту персональной информации и подготовку

специалистов. Использование современных веб-приложений, интегрированных с государственными информационными системами и дополненных инструментами бизнес-аналитики и телемедицины, способно вывести систему здравоохранения на новый уровень эффективности и доступности.

Библиографический список

1. Лекция «Медицинские информационные системы». - [Электронный ресурс]: <https://rmmk05.ru/wp-content/uploads/2020/04/Meditsinskie-informatsionnye-sistemy.pdf> (дата обращения 26.09.2025).

2. Ланцберг, А. В. Медицинские информационные системы: введение, цели и предмет изучения дисциплины. Основные понятия и определения медицинских информационных систем: презентация / А. В. Ланцберг. – 20 с. – МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2025.

3. Омельченко В. П. Информатика: учебник / Демидова А. А. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 379 с.;

4. Борисов И. В. Информационные технологии в здравоохранении: Управление и безопасность. – М.: Знание, 2020. – 245 с.

5. Ибрафиллов, А. Кибербезопасность в медицине: защита электронных медицинских данных / А. Ибрафиллов // Холодная наука. – 2024. – С. 59–66.

6. Цифровые технологии в здравоохранении: База глобальных трендов и вызовов, связанных с развитием человеческого потенциала, с учетом влияния пандемии

COVID-19. – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». - [Электронный ресурс]: https://ncmu.hse.ru/chelpoten_trends/digital_healthcare (дата обращения 26.09.2025).

7. 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. – DOI 10.12731/2070–7568-2020-4-4-258–262.

8. Шарипова, В. Р. Использование искусственного интеллекта в сфере экономики / В. Р. Шарипова, С. М. Куценко // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 2(36). – С. 104–109.

9. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура здравоохранения». Национальный проект «Здравоохранение». - [Электронный ресурс]: https://legalacts.ru/doc/natsionalnyi-proekt-zdravookhranenie-federalnyi-proekt-sozdanie-edinogo-tsifrovogo-kontura_4/ (дата обращения 26.09.2025).

10. Хамитов, Р. М. Цифровая трансформация городской среды как средство повышения качества жизни / Р. М. Хамитов, О. В. Князькина // Компетентность. – 2023. – № 5. – С. 26–31. – DOI 10.24412/1993–8780-2023-5-26-31.

11. Технологии учета и анализа медицинских статистических данных / И. И. Еремина, Д. М. Лысанов, И. И. Ишмурадова, А. С. Павлова // Наука Красноярья. – 2021. – Т. 10, № 4. – С. 189–195. – DOI 10.12731/2070–7568-2021-10-4-189–195.

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.

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.

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.

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 004.65

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Г.Ф. Шагимарданова¹, Е.А. Салтанаева¹

¹Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Статья посвящена рассмотрению ключевых аспектов по внедрению информационных систем управления на автотранспортных предприятиях. В исследовании рассматриваются проблемы современных компаний, и демонстрируется возможность использования цифровых инструментов для улучшения работы, а также увеличения эффективности

Ключевые слова: автотранспортное предприятие, цифровая трансформация, эффективность, информационные системы, автоматизация

DIGITAL TRANSFORMATION OF TRUCKING COMPANIES: THE ROLE OF INFORMATION SYSTEMS IN IMPROVING EFFICIENCY

G.F. Shagimardanova¹, E.A. Saltanaeva¹

¹Kazan State Power Engineering University

Abstract: The article is devoted to the consideration of key aspects of the implementation of information management systems in motor transport enterprises. The study examines the problems of modern companies, and demonstrates the possibility of using digital tools to improve work, as well as increase efficiency.

Keywords: automotive industry, digital transformation, efficiency, information systems, automation

В современном мире управление автотранспортным предприятием становится сложной задачей, потому что высоки требования к операционной эффективности и условия цифровизации экономики меняются. Зачастую большинство автотранспортных компаний сталкиваются с кадровыми рисками из-за дефицита квалифицированных кадров, особенно водителей. Еще одна проблема, с которой сталкиваются компании – это технологические ограничения, то есть отсутствие автоматизированного контроля за техническим состоянием транспорта. В условиях усиливающейся конкуренции на рынке внедрение и

использование информационных систем управления становится важным условием для обеспечения долгосрочного успеха.

Цифровая трансформация транспортной отрасли представляет собой применение передовых информационных и коммуникационных технологий. Для того, чтобы улучшить эффективность, устойчивость транспортных систем и безопасность. Актуальность данного процесса обусловлена значительным влиянием цифровых технологий на развитие данной отрасли. Во-первых, современные технологии позволяют значительно улучшить процессы планирования, мониторинга и анализа деятельности

автотранспортных компаний. Во-вторых, автоматизация рутинных задач освобождает время сотрудников, позволяя сосредоточиться на более важных аспектах бизнеса. В-третьих, внедрение информационной системы увеличивает контроль за всеми этапами перевозок, снижает риски и повышает уровень доверия со стороны будущих клиентов. Важной составляющей цифровой трансформации в транспорте является внедрение разумных транспортных систем (ИТС). Эти системы используют передовые технологии сбора данных для создания адаптивных и высокоэффективных транспортных решений. С их помощью достигается значительное сокращение времени в пути, уменьшение числа дорожно-транспортных происшествий и оптимизация транспортных потоков.

Автотранспортные предприятия (АТП) выполняют широкий спектр задач, которые можно условно разделить на 3 ключевых направления:

1. Организация грузоперевозок – это комплекс мероприятий, включающий планирование и координацию транспортировок. АТП разрабатывают графики движений, выбирают наиболее подходящие маршруты и гарантируют своевременную доставку грузов. В современном мире для автоматизации контроля и учета перевозок активно применяются ИТ – решения. Классификация грузов, необходимых для перевозки, также входит в функционал информационной системы. Это позволяет учитывать специфические требования к каждому виду груза и соответствующим образом подбирать автотранспорт.

2. Управление транспортным парком. Управление парком транспортных средств может быть как простым, так и сложным рабочим процессом в зависимости от

количества и разнообразия транспортных средств, а также от интенсивности их использования. Это обеспечение доступности и пригодности транспортных средств для выполнения регулярных проверок, технического обслуживания и ремонта, административных разрешения и т.д

3. Финансово – экономическое управление включает в себя разработку тарифной политики, расчет себестоимости перевозок и оптимизацию использования ресурсов. Эффективное управление финансами дает автотранспортному предприятию возможность более оперативно реагировать на изменения рыночной ситуации и повышать свою конкурентоспособность [1].

В последние годы наблюдается заметный тренд на интеграцию информационных технологий в деятельность автотранспортных предприятий (АТП). Система GPS обеспечивает мониторинг транспортных средств в режиме реального времени, что способствует улучшению управления автопарком и повышению уровня сервиса для клиентов. Данные о местоположении, скорости и пройденном маршруте позволяют оптимизировать загрузку и маршрутизацию транспорта, сократить холостые пробеги и простои.

Для оптимизации хранения и обработки грузов на АТП внедряются системы управления складами и автоматизированные транспортные системы. Эти решения позволяют сократить время выполнения погрузочно – разгрузочных операций, повысить точность учета товарно – материальных запасов и эффективность логистических процессов [2,3].

Кроме того, современные АТП активно внедряют системы бюджетирования, управленческого учета и бизнес-аналитики. Это позволяет повысить

прозрачность финансовых и производственных процессов, оперативно реагировать на изменения рыночной конъюнктуры и принимать обоснованные управленческие решения.

Современные системы управления автотранспортными предприятиями также интегрируются с геоинформационными системами (ГИС), что обеспечивает возможность отслеживания местоположения транспортных средств в режиме реального времени [4]. Такое решение повышает контроль за исполнением заказов и способствует увеличению уровня удовлетворительности клиентов. Особенно востребована эта технология в крупных транспортных компаниях, где одновременно выполняется большое количество маршрутов с использованием значительного автопарка.

Согласно исследованию компании Strategy Partners «Готовность к цифровой трансформации отрасли «Транспорт и логистика»» по состоянию на ноябрь 2020 года, в транспортном комплексе уже происходит быстрая цифровая трансформация: 55% компаний уже приступили к реализации стратегий цифровых трансформаций и 80% компаний частично или полностью переходят на новые бизнес-модели, основывающиеся на цифровых технологиях. Среди уже внедряемых технологий индустрии 4.0 можно выделить big data, IT, автономных роботов, 3D-печать, онлайн-платформы. В логистике широко развивается применение искусственного интеллекта, позволяющего автоматизировать работу вспомогательных подразделений бизнеса (back-office), осуществлять управление логистическими активами с интеллектуальной поддержкой и разрабатывать новые модели взаимодействия с клиентами [5].

Кроме того, информационные

системы предоставляют инструменты для анализа данных, позволяющие выявлять проблемные зоны в работе предприятия. Они позволяют оценивать прибыльность маршрутов, анализировать загруженность транспортных средств и учитывать время простоя. В результате, компании получают возможность оптимизировать свои перевозки и, как следствие, улучшить экономические показатели.

Ключевые функции информационных систем для транспортных компаний включают:

- Управление транспортом: отслеживание состояния техники составление графиков планирование ТО и ремонтов, контроль расхода ГСМ. Благодаря использованию датчиков и инструментов анализа данных достигается оптимизация использования транспорта, уменьшение времени простоя и расходов на содержание.

- Планирование и улучшение перевозок: разработка оптимальных маршрутов, учет заполненности машин, взаимодействие с заказчиками. Умные системы планирования и диспетчеризации способствуют росту эффективности, снижению проеденного расстояния и сроков доставки грузов.

- Ведение документации и отчеты: финансовый, складской и кадровый учет, анализ основных показателей деятельности. Развернутые ERP-системы автоматизируют повторяющиеся задачи, обеспечивают открытость финансовых и логистических процессов. Ожидаемые результаты внедрения такой системы значительны. Предприятие сможет наблюдать за сокращением времени обработки данных, уменьшением количества ошибок в учетных документах, повышением прозрачности бизнес – процессов и улучшением возможностей для

оперативного принятия управленческих решений на основе актуальной аналитической информации [6].

– Взаимодействие с внешним миром: электронный документооборот, связь с государственными сервисами, онлайн-услуги для клиентов. Переход на цифровой формат коммуникаций и интеграции с другими системами ускоряют и повышают качество взаимодействия с контрагентами, потребителями.

Существует целая система управления перевозками TSM (Transportation Management System) – это программная платформа, предназначенная для предоставления грузоотправителям инструментов контроля и наглядности их цепочек поставок.

Обладая функциональностью и ресурсами для всех участников цепочки поставок:

- Транспортировки
- Складирования
- Перевозчиков
- Продавцов/снабженцев
- Закупок
- Обслуживания клиентов
- Продаж
- Финансов и команды исполнительного руководства

TMS предоставляет единую платформу для управления всеми логистическими событиями в жизненном цикле заказа, как входящего, так и исходящего [7].

Анализ опыта внедрения показывает, что крупные международные системы TSM демонстрируют высокую эффективность в управлении сложными транспортными процессами.

К их ключевым достоинствам относятся:

- Глубокая интеграция всех бизнес–

процессов компании

– Возможности мультимодального планирования перевозок

– Развитая аналитика транспортных затрат

Анализ опыта внедрения классификационных систем подчеркивает необходимость тщательной организационной подготовки, которая включает в себя формирование репрезентативных тестовых выборок данных, обучение персонала работе с новой системой, разработку четких регламентов работы и создание системы мониторинга эффективности. Успех внедрения во многом зависит от качества предпроектного исследования и точности формулирования требований к системе [8].

Следует обратить внимание на то, что не менее важным аспектом является активное взаимодействие с ключевыми пользователями на всех этапах проекта, что обеспечивает понимание реальных потребностей бизнеса и способствует более успешной интеграции системы в существующие процессы. Таким образом, комплексный подход к подготовке и реализации проекта повышает шансы на достижение поставленных целей и эффективную эксплуатацию новой системы.

Можно сделать вывод, что выбор стратегии автоматизации и технологий проектирования требует комплексного подхода, учитывающего как технические, так и экономические аспекты. Оптимальное решение должно основываться на тщательном анализе потребностей бизнеса и возможностей современных информационных технологий.

Цифровая трансформация стала трендом развития транспортной отрасли и влечет за собой значительные структурные изменения, обусловленные внедрением

современных цифровых технологий, таких как интернет вещей, облачные вычисления и искусственный интеллект [9]. При этом, именно технологии искусственного интеллекта и машинного обучения лежат в основе современных ИТС, а также автономных транспортных средств. Использование цифровых технологий приводит к значительным экономическим и социальным эффектам, однако сталкивается со значительными трудностями в процессе внедрения и использования, в том числе необходимость большого объема инвестиций, модернизации транспортной инфраструктуры, а также инфраструктуры смежных отраслей.

Библиографический список

1. Завьялов Р.Ю. Технологии обработки больших данных в логистике и их применение в автотранспортных компаниях // Управление и экономика. – 2022. – № 1. – С. 33–40.
2. Михайлов С.Н., Болотова К.А. Инновационные методы управления грузоперевозками // Вестник транспорта. – 2021. – Т. 5, № 6. – С. 112–120.
3. Хамитов, Р. М. Умная логистика: как цифровые технологии трансформируют цепочки поставок / Р. М. Хамитов, Н. А. Натальсон // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 5(178). – С. 825-830. – DOI 10.34925/EIP.2025.178.5.141.
4. Рочева, О. А. Роль технологий искусственного интеллекта в цифровой трансформации транспортной отрасли / О. А. Рочева, Р. С. Зарипова, Д. А. Ахметшин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 7, № 10(139). – С. 47-53. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2023.10.07.005.
5. Готовность к цифровой трансформации отрасли «Транспорт и логистика». Краткий отчет по результатам исследования. Strategy Partners. - Режим доступа: https://lognews.ru/sites/default/files/2020-11/transport-i-logistika_cifrovaya-zrelost_issledovanie-strategy-partners_mincifry-rossi.pdf.
6. Петров В.Г. ERP-системы в логистике: преимущества и ограничения // ИТ в бизнесе. – 2022. – № 2. – С. 55–61.
7. 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.
8. Лебедев А.В. Data Mining в финансах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 352 с.
9. Шакиров, А. А. Влияние и проблемы цифровизации бизнеса на современном рынке / А. А. Шакиров, А. И. Хабибрахманова // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 4(165). – С. 415-419. – DOI 10.34925/EIP.2024.165.4.081.

Информация об авторах

Шагимарданова Гульназ Фанилевна – студент, Казанский государственный энергетический университет (420044, Россия, г. Казань, ул. Восстания, 29), e-mail: shagimardanova_22@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

Gulnaz F. Shagimardanova - student, Kazan State Power Engineering University (29, Uprisings str., Kazan, 420044, 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

АЛГОРИТМЫ, ПРОГРАММЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

УДК 519.8:004.02

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНА И ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРТФЕЛЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕЕ ПОВЫШЕНИЮ

Ю.В. Бондаренко¹, Е.Е. Галушка¹

¹*Воронежский государственный университет*

Аннотация: Статья посвящена разработке алгоритма и программной реализации системы поддержки принятия управленческих решений, направленной на повышение эффективности социально-экономического развития региона. Предлагаемая система включает два взаимосвязанных аналитических модуля: модуль оценки эффективности региона, модуль формирования оптимального портфеля мероприятий.

Ключевые слова: DEA-модель, оценка эффективности, программно-аналитический комплекс, портфель мероприятий, система поддержки принятия решений

DEVELOPMENT OF PROGRAM-ALGORITHMIC COMPLEX FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE REGION FUNCTIONING AND FORMING THE OPTIMAL PORTFOLIO OF MEASURES TO IMPROVE IT

Yu.V. Bondarenko¹, E.E. Galushka¹

¹*Voronezh State University*

Abstract: The article is devoted to the development of the algorithm and program realization of the system of management decision-making support aimed at improving the efficiency of socio-economic development of the region. The proposed system includes two interconnected analytical modules: the module for assessing the efficiency of the region, the module for forming an optimal portfolio of measures.

Keywords: DEA-model, efficiency assessment, program-analytical complex, portfolio of measures, decision support system

Введение. Оценка и повышение эффективности функционирования региона являются ключевыми аспектами современного регионального управления. Оценка эффективности социально-экономического региона позволяет своевременно выявлять наиболее существенные проблемы, определять направления совершенствования региональной политики и корректировать программы и стратегии развития [1]. В условиях ограниченных средств бюджетов региона не менее важной и трудоемкой задачей для региональных властей является формирование и выбор таких мероприятий, которые способствуют максимальному

приросту эффективности функционирования [2]. Таким образом, разработка комплекса моделей, алгоритмов и программ поддержки оценки эффективности функционирования региона и формирования оптимального портфеля мероприятий, обеспечивающих в условиях ограниченного бюджета, наибольший прирост эффективности, является актуальной задачей.

Предлагаемая в настоящем исследовании система поддержки принятия решений по повышению эффективности функционирования региона включает два взаимосвязанных аналитических модуля:

– Модуль оценки эффективности

региона, основанный на входной и выходной DEA (Data Envelopment Analysis)-моделях [3-5], результаты которых используются при расчете рекомендуемых значений показателей, достижение которых обеспечит переход региона на границу эффективности.

– Модуль формирования портфеля мероприятий, реализующий механизм многокритериального выбора мероприятий в рамках ограниченного бюджета с целью достижения целевых значений показателей, определенных на первом этапе.

Для практической реализации алгоритма разработан программный продукт.

Перейдем к описанию предлагаемого подхода.

Описание алгоритмов оценки эффективности и формирования оптимального портфеля мероприятий

Для оценки эффективности функционирования регионов выбрана входная CCR-модель Чарнеса, Купера и Родеса, которая является базовой моделью методологии DEA [3]. В нелинейном виде данная модель задается следующим образом:

$$\max_{\mu, \omega} \theta = \frac{\sum_{i=1}^r \mu_i y_{i0}}{\sum_{k=1}^m \omega_k x_{k0}} \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\frac{\sum_{i=1}^r \mu_i y_{ij}}{\sum_{k=1}^m \omega_k x_{kj}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$\mu_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, r,$$

$$\omega_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, m,$$

где x_{ij} и y_{kj} – параметры входных величин $k = 1, \dots, m$ и выходных величин $i = 1, \dots, r$ соответственно для множества производственных объектов $j = 1, \dots, n$. Вектор (x_0, y_0) соответствует одному из производственных объектов $j = 1, \dots, n$, который в данный момент оценивается. Переменные μ_i и ω_k – оценки выходных и

входных производственных параметров. Мера эффективности в задаче (1) задается как отношение взвешенной суммы выходных переменных к взвешенной сумме входных переменных.

Далее с помощью преобразования Чарнеса и Купера для задач дробно-линейного программирования сведем задачу (1), ориентированную на вход, к следующей задаче линейной оптимизации:

$$\max_{v, u} \theta = \sum_{i=1}^r u_i y_{i0} \quad (2)$$

при ограничениях:

$$\sum_{k=1}^m v_k x_{k0} = 1,$$

$$\sum_{k=1}^m v_k x_{k0} = 1,$$

$$\sum_{i=1}^r u_i y_{ij} \leq \sum_{k=1}^m v_k x_{kj}, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$u_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, r,$$

$$v_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, m.$$

Оптимальное решение θ^* принимается за меру эффективности исследуемого производственного объекта.

В литературе [3] чаще встречается запись CCR-модели в виде задачи, двойственной к (2), которая в векторных имеет вид:

$$\min_{\theta, \lambda} \theta \quad (3)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta X_0,$$

$$\sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_0,$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.$$

В ходе решения задачи (3) минимизируется значение θ , которое пропорционально уменьшает входной вектор X_0 до θX_0 , также принадлежащего множеству производственных возможностей в силу ограничений задачи. В случае, когда $\theta^* < 1$, объект считается неэффективным, и можно сказать, что $(X\lambda, Y\lambda)$ превосходит $(\theta^* X_0, Y_0)$. С учетом этого определим два вектора

дополнительных переменных, характеризующих излишки на входе $S^- \in R^m$ и нехватку на выходе $S^+ \in R^r$ следующим образом:

$$S^- = \theta * X_0 - X\lambda \quad S^+ = Y\lambda - Y_0 \quad (4)$$

Если на каком-либо выходе при решении задачи получилась положительная нехватка, то значение этого выходного параметра можно еще увеличить на величину нехватки даже при учете уменьшаемых значений входных параметров. Соответственно, если на каком-либо входе получился положительный излишек, то значение этого входного параметра можно уменьшить еще больше, даже после уменьшения $\theta * X_0$.

С учетом (4) CCR-модель (3) можно дополнить, включив в целевую функцию штрафы за ненулевые значения векторов излишек и нехватки. Тогда запишем модель (3) в виде:

$$\begin{aligned} \min \theta &= \theta - \varepsilon (\sum_{k=1}^m s_k^- + \sum_{i=1}^r s_i^+) \quad (5) \\ \theta x_{k0} - \sum_{j=1}^n x_{kj} \lambda_j - s_k^- &= 0, k = 1, \dots, m, \\ \sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_i^+ &= y_{i0}, i = 1, \dots, r, \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, \dots, n, \\ s_k^- &\geq 0, k = 1, \dots, m, \\ s_i^+ &\geq 0, i = 1, \dots, r. \end{aligned}$$

На практике задачу (5) решают в два этапа. Параметр ε в данной задаче является бесконечно малой величиной. Объект (X_0, Y_0) называется эффективным, если в результате решения задачи (5) получено: $\theta^* = 1$ и для всех оптимальных решений задачи $S_i^{+*} = 0$ и $S_k^{-*} = 0$.

Шаг 1. Подготовка исходных данных: определение значений входных и выходных параметров регионов.

n – количество регионов. Для каждого региона τ определяем значения входных и выходных параметров.

Входные параметры:

$x_{1\tau}$ – площадь территории региона τ (тыс. км²); $x_{2\tau}$ – численность населения региона τ (тыс. чел); $x_{3\tau}$ – среднегодовая численность занятых региона τ (тыс. чел); $x_{4\tau}$ – инвестиции в основной капитал региона τ (млрд. руб); $x_{5\tau}$ – основные фонды в экономике региона τ (млрд. руб);

Выходные параметры:

$y_{1\tau}$ – валовой региональный продукт региона τ (млрд.руб);

$y_{2\tau}$ – среднемесячная номинальная начисленная заработанная плата работников организаций региона τ (тыс. руб);

$y_{3\tau}$ – ввод в действие жилых домов региона τ (тыс. м² общей площади жилых помещений);

$y_{4\tau}$ – продукция сельского хозяйства – всего региона τ (млрд. руб).

Шаг 2.1 Решение n задач линейного программирования первого уровня:

$$\begin{aligned} \min \theta_\tau \\ \text{при ограничениях:} \\ \theta_\tau x_{k\tau} - x_{1\tau} \lambda_1 - x_{2\tau} \lambda_2 - x_{3\tau} \lambda_3 - x_{4\tau} \lambda_4 - \\ - x_{5\tau} \lambda_5 - s_k^- &= 0, \\ y_{1\tau} \lambda_1 + y_{2\tau} \lambda_2 + y_{3\tau} \lambda_3 + y_{4\tau} \lambda_4 - s_i^+ &= y_{i0}, \\ \lambda_{1,\dots,5} &\geq 0, \\ s_k^- &\geq 0, k = 1, \dots, 5 \\ s_i^+ &\geq 0, i = 1, \dots, 4 \end{aligned}$$

где θ_τ – переменная модели, отражающая значение эффективности τ региона;

$\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_5)$ – переменные задачи линейного программирования;

τ – порядковый номер региона, $\tau \in \{1, \dots, 85\}$;

s_k^-, s_i^+ – векторы дополнительных переменных.

Пусть θ_τ^* – оптимальное значение функции цели.

Шаг 2.2 Решение n задач линейного

программирования второго уровня:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^m s_k^- + \sum_{i=1}^r s_i^+ &\rightarrow \max \\ \text{при ограничениях} \\ \theta_\tau^* x_{k\tau} - x_{1\tau}\lambda_1 - x_{2\tau}\lambda_2 - x_{3\tau}\lambda_3 - x_{4\tau}\lambda_4 - \\ &- x_{5\tau}\lambda_5 - s_k^- = 0, \\ y_{1\tau}\lambda_1 + y_{2\tau}\lambda_2 + y_{3\tau}\lambda_3 + y_{4\tau}\lambda_4 - s_i^+ &= y_{i0}, \\ \lambda_{1,\dots,5} &\geq 0, \\ s_k^- \geq 0, k &= 1, \dots, 5 \\ s_i^+ \geq 0, i &= 1, \dots, 4 \end{aligned}$$

Пусть θ_τ^* - решение задачи (мера эффективности исследуемого региона по входной модели CCR). Останов.

Описанный выше алгоритм позволяет осуществить оценку эффективности деятельности регионов, на основании которой можно сделать следующие выводы:

Если $\theta^* < 1$, то исследуемый регион не эффективен.

Если $\theta^* = 1$, и некоторые s_i^- или s_i^+ ненулевые, то такой объект не считается полностью эффективным, потому что можно улучшить состояние данного объекта, не нарушив при этом ограничений задачи.

Если $\theta^* = 1$, и все s_i^- и s_i^+ равны 0, то такой объект эффективный.

Величина θ^* показывает меру эффективности по входной модели CCR. Таким образом, решив линейную задачу оптимизации, мы можем повысить эффективность исследуемого объекта (X_0, Y_0) , переведя его в состояние $(\theta^*X_0 - S^-, Y_0 + S^+)$. Это означает, что вектор затрат X_0 следует пропорционально сократить до величины θ^*X_0 , затем вычесть из него лишние расходы $\theta^*X_0 - S^-$, потом увеличить вектор выпуска Y_0 до величины $Y_0 + S^+$. Тем самым мы получим 100% эффективный объект.

Для разработки алгоритма

формирования оптимального портфеля мероприятий по повышению эффективности региона будем считать, что получены:

1. Эффективность региона по DEA-модели:

– E_{in} – эффективность по входной модели (использование ресурсов)

– E_{out} – эффективность по выходной модели (достижение результатов)

2. Показатели региона:

– Входные (X): площадь (X_1), численность населения (X_2), занятые (X_3), инвестиции (X_4), основные фонды (X_5).

– Выходные (Y): ВРП (Y_1), заработная плата (Y_2), ввод домов (Y_3), сельское хозяйство (Y_4).

3. Слэки (излишек ресурсов/нехватка результатов):

– S_i^- – избыточное значение входного показателя X_i

– S_j^+ – недостающее значение выходного показателя Y_j

4. Выбор стратегии оптимизации пользователем:

– $S_{opt} = 1$ – стратегия сокращения ресурсов

– $S_{opt} = 2$ – стратегия увеличения результатов.

Алгоритм формирования оптимального портфеля мероприятий по повышению эффективности региона

Этап 1. Определение текущего статуса региона

1. Определение типа неэффективности региона:

– Если $E_{in} < 1$, то регион неэффективен по входу (избыток ресурсов)

– Если $E_{out} > 1$, то регион неэффективен по выходу (недостаток результатов)

– Если $E_{in} = E_{out} = 1$ и $S_i^- = S_j^+ = 0$, то регион эффективен

Получение выбора стратегии пользователя

$$S_{opt} \in \{1,2\}$$

Этап 2. Определение целевых значений показателей

На основе результатов DEA-модели и выбранной стратегии рассчитываются рекомендуемые значения входных и выходных показателей для достижение регионом эффективности.

– Если $S_{opt} = 1$ (оптимизация ресурсов, снижение затрат):

Для входных показателей:

$$X'_i = X_i \times E_{in} - S_i^-, \forall i \in \{1,2,3,4,5\}$$

Для выходных показателей:

$$Y'_j = Y_j + S_j^+, \forall j \in \{1,2,3,4\}$$

– Если $S_{opt} = 2$ (увеличение результатов):

Для выходных показателей:

$$Y'_j = Y_j \times E_{out} + S_j^+, \forall j \in \{1,2,3,4\}$$

Для входных показателей:

$$X'_i = X_i - S_i^+, \forall i \in \{1,2,3,4,5\}$$

Этап 3. Формирование портфеля мероприятий

Ввод доступного бюджета $B \in \mathbb{R}^+$ (в млн руб).

1. Выбор критериев оценки мероприятий

Задание количества критериев $n \geq 2$.

– Из списка региональных показателей выбираются n критериев:

$$C_1, C_2, \dots, C_n$$

– Каждому критерию присваивается вес важности:

$$w_j \in [0,1], \text{ где } j = 1, \dots, n.$$

– Выполняется нормировка весов:

$$w_j^{\text{норм}} = \frac{w_j}{\sum_{k=1}^n w_k}$$

3. Ввод данных о мероприятиях

Задание количества мероприятий $m \geq 2$.

– Для каждого мероприятия E_i , $i = 1, \dots, m$ задаются:

– Название мероприятия

Стоимость $c_i \in \mathbb{R}^+$ (в млн руб)

– Влияние (в %) на каждый критерий $I_{ij} \in [0,100]$, где $j = 1, \dots, n$

4. Для каждого мероприятия вычисляется его полезность:

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_j^{\text{норм}} \cdot I_{ij}, u_i \in [0,100]$$

5. Оптимизация выбора мероприятий

– Постановка задачи: требуется выбрать подмножество мероприятий $M \subseteq \varepsilon = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$, удовлетворяющее ограничению по бюджету:

$$\sum_{E_i \in M} c_i \leq B$$

при этом максимизировать суммарную полезность:

$$M^* = \arg \max_{M \subseteq \varepsilon} \sum_{E_i \in M} u_i$$

Составим эквивалентную оптимизационную модель:

$$\max_{x_i \in \{0,1\}} \sum_{i=1}^m u_i x_i$$

при условии: $\sum_{i=1}^m c_i x_i \leq B$, где $x_i = 1$ означает включение мероприятия E_i в решение.

Получаем классическую задачу одномерного рюкзака, для решения которой будем использовать метод ветвей и границ.

– Сортируем мероприятия по убыванию полезности $u_1 \geq u_2 \geq \dots \geq u_m$

– Решение задачи методом ветвей и границ (branch and bound)

Практическая реализация

Для практической реализации алгоритмов разработан веб-интерфейс на языке программирования Python при помощи фреймворка Streamlit в среде программирования PyCharm. Рассмотрим пример программной реализации алгоритма

формирования оптимального портфеля мероприятий.

При запуске программы пользователю предлагается загрузить исходные данные, содержащие входные и выходные показатели регионов (рис. 1). Доступны 2 варианта загрузки: из csv-файла или из базы данных.

Система поддержки управленческих решений в региональном развитии

Откуда загрузить данные?

- ☐ Из файла
☐ Из базы данных

Рис. 1. Начальное окно системы

После загрузки данных пользователю предлагается выбрать интересующий регион. В результате чего на экран выводятся таблицы с 5 входными и 4 выходными показателями, по которым будет рассчитана эффективность (рис. 2).

При нажатии на кнопку «Рассчитать эффективность» осуществляется расчет

эффективности по входной и выходной DEA-моделям. На рис. 3. представлен пример расчета эффективности для Воронежской области. Видим, что регион не эффективен и с точки зрения использования ресурсов, и с точки зрения достижения результатов.

После этого пользователь выбирает одну из стратегий повышения эффективности – сокращение ресурсов или увеличение результатов и запускает генерацию рекомендаций по кнопке «Получить рекомендации». Результаты представлены в виде таблицы, где указаны: наименование показателя, его тип (входной/выходной), исходное и рекомендуемое значение, численное и процентное отклонение. Затем пользователь может перейти к формированию портфеля мероприятий по региональному развитию.

Вначале указывается доступный бюджет (в млн. руб.), после чего система предлагает выбрать критерии оценки мероприятий: необходимо задать их количество и установить веса важности.

Воронежская область

Входные показатели

Показатель	Значение
Площадь территории, тыс км кв	52.20
Численность населения, тыс чел	2273.40
Среднегодовая численность занятых, тыс чел	1151.60
Инвестиции в основной капитал, млрд руб	343.61
Основные фонды в экономике, млрд руб	5141.00

Выходные показатели

Показатель	Значение
Валовый региональный продукт, млрд руб	1378.00
Среднемесячная номинальная начисленная заработанная плата	53.33
Ввод в действие жилых домов, тыс м кв общей площади жилых по	2014.50
Продукция сельского хозяйства - всего, млрд руб	356.52

Рассчитать эффективность

Рис. 2. Входные и выходные показателями для выбранного региона

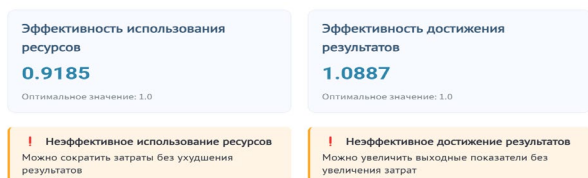


Рис. 3. Результат расчета эффективности для выбранного региона

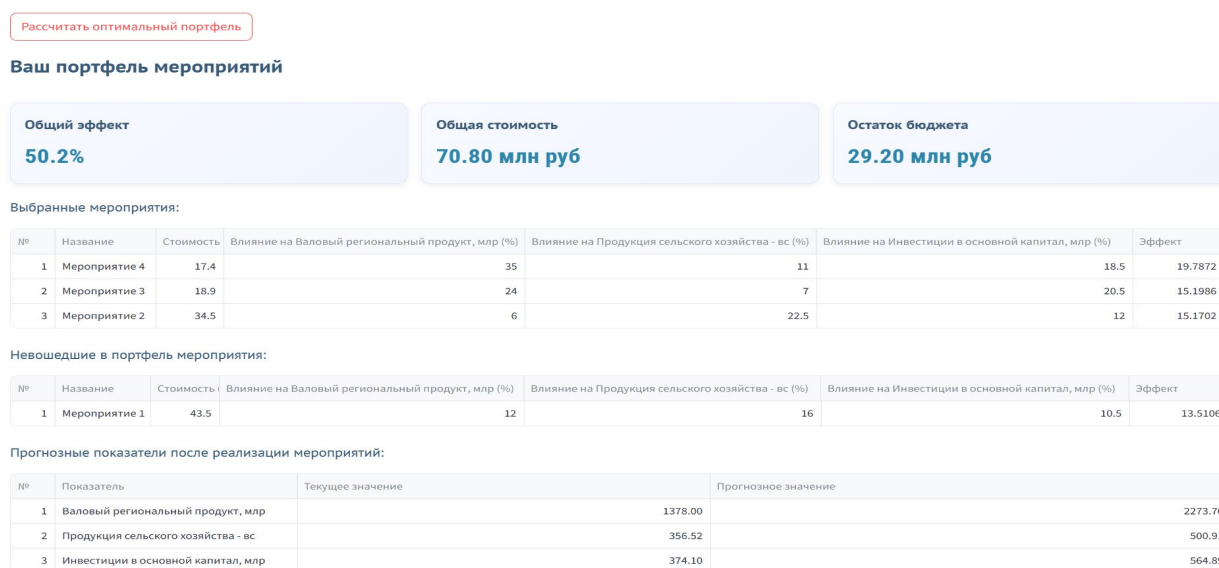


Рис. 4. Форма вывода оптимального портфеля мероприятий

Заключение. В настоящей работе представлена система поддержки принятия управленческих решений, направленная на повышение эффективности регионального развития. Разработанный алгоритм сочетает в себе возможности анализа эффективности на основе модели DEA и механизм многокритериального выбора мероприятий при ограничениях по бюджету. Для практической реализации алгоритма разработан программный продукт на языке программирования Python с использованием библиотеки Streamlit, обеспечивающий удобный веб-интерфейс. Предложенный подход может быть использован для оптимизации распределения ресурсов и повышения эффективности регионального развития, а

На следующем этапе пользователь вводит информацию о мероприятиях: название, стоимость и степень влияния на выбранные критерии.

После заполнения всех данных и запуска расчета система формирует оптимальный портфель мероприятий, удовлетворяющий ограничению по бюджету и максимизирующий общий эффект (рис. 4)

также для поддержки принятия решений в области управления региональной экономикой.

Библиографический список

1. Валитов Ш.М. Эффективность макроэкономической системы: теория и практика / Ш.М. Валитов, О.В. Демьянова. – Москва: Экономика, 2011. – 189 с.
2. Растворцева С.Н., Фаузер В.В., Задорожный В.Н., Залевский В.А. Социально-экономическая эффективность регионального развития / Отв. ред. д.э.н., доцент С.Н. Растворцева. – М.: Экон-Информ, 2011. – 131 с.
3. Чарнес А., Купер В., Родс Э. Измерение эффективности деятельности единиц

производства // European Journal of Operational Research. — 1978.

4. Фаррелл М. Дж. Измерение производительности ресурсов // Journal of the Royal Statistical Society. — 1957.

5. Моргунов Е.П., Моргунова О.Н. Краткое описание и пример практического применения метода Data Envelopment Analysis (Версия 0.1) — URL: http://www.morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf

Информация об авторах

Бондаренко Юлия Валентиновна - д-р. техн. наук, доц., профессор, профессор кафедры математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1), e-mail: bond.julia@mail.ru, тел. 8(910)341-29-46

Галушка Елизавета Евгеньевна - студент бакалавриата 4-го года обучения кафедры математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1), e-mail: galliz2003@mail.ru

Information about the author

Yulia V. Bondarenko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University (1 Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russia), e-mail: bond.julia@mail.ru, Ph. 8(910)341-29-46

Elizaveta E. Galushka – 4th year undergraduate student at the Department of Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University (1 Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russia), e-mail: galliz2003@mail.ru

УДК 004.023

РАЗРАБОТКА ЯЗЫКА ОПИСАНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ К МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫМ ЗАДАЧАМ ОПТИМИЗАЦИИ

Д.А. Баранов¹

¹*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: В статье рассматривается интеграция сложных ограничений в многокритериальную транспортную задачу, где каждый критерий задается индивидуальной матрицей смежности и имеет цель минимизации или максимизации. Основной фокус работы направлен на разработку формализма для представления и обработки ограничений, представленные в виде логического выражения произвольной вложенности.

Ключевые слова: оптимизация, эвристические алгоритмы, методы оптимизации

DEVELOPMENT OF A CONSTRAINT DESCRIPTION LANGUAGE FOR MULTICRITERIA OPTIMIZATION PROBLEMS

D.A. Baranov¹

¹*Voronezh state technical university*

Abstract: The article examines the integration of complex constraints into a multi-criteria transportation problem, where each criterion is defined by an individual adjacency matrix and has a goal of either minimization or maximization. The main focus of the work is on developing a formalism for representing and processing constraints, expressed as logical statements of arbitrary nesting.

Keywords: optimization, heuristic algorithms, optimization methods

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть имеется множество точек $V = \{1, 2, \dots, n\}$, где n – размерность задачи. Для каждого критерия $m = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$ имеется квадратная матрица размерностью

$n \times n$: $C^{(m)} = [c_{ij}^{(m)}]$, где $c_{ij}^{(m)}$ – значение критерия m между точками i и j при $i \in V, j \in V$. Для каждого критерия m существует цель g_m , где $g_m = \min$ или $g_m = \max$.

Решением задачи является множество x представляющее последовательность посещаемых точек t по их порядковым номерам $x = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$.

В поставленную задачу также могут быть внедрены ограничения, представляющие собой множество функций $L = \{l_1, l_2, \dots, l_r\}$. Функция $l(x)$ представлена в формуле (1).

$$l(x) = \begin{cases} (R^{(m_1)}, R^{(m_2)}, \dots, R^{(m_k)}), & \text{если } x \text{ не удовл. ограничениям} \\ 0, & \text{если } x \text{ удовлетворяет ограничениям} \\ \emptyset, & \text{если } x \text{ не удовлетворяет и подлежит исключению} \end{cases} \quad (1)$$

где R – положительное или отрицательное вещественное значение, выступающее санкцией по критерию m .

приспособленности решения x по каждому из критериев происходит в соответствии в формулой (2).

Таким образом, проверка

$$f^{(m)}(x) = \begin{cases} \emptyset, & \text{если } \exists l(x) = \emptyset \\ \sum_{i=1}^n c_{t_i t_{i+1}}^{(m)} + \sum_{j=1}^r R_j^{(m)}, & \text{где } t \in x; t_{n+1} = t_1, \text{ остальных случаях} \end{cases} \quad (2)$$

Так как все критерии имеют разные числовые диапазоны и цели, значения $f^{(m)}(x)$ следует привести к единой шкале (например, в диапазон от 0 до 1 включительно). Нормализация зависит от целей g_m

и требует определения минимального и максимального значений $f^{(m)}(x)$ из всех когда-либо полученных значений по критерию m . Нормализация проходит согласно формуле (3).

$$f_{\text{норм}}^{(m)}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } \exists r(x) \in \emptyset \\ \frac{f^{(m)}(x) - f_m^{\min}}{f_m^{\max} - f_m^{\min}}, & \text{если } g_m = \max \\ \frac{f_m^{\max} - f^{(m)}(x)}{f_m^{\max} - f_m^{\min}}, & \text{если } g_m = \min \end{cases} \quad (3)$$

Для получения итоговой приспособленности, следует суммировать нормализованные значения, как это показано в формуле (4).

$$F(x) = \sum_{i=1}^k f_{\text{норм}}^{(m_i)}(x) \quad (4)$$

Наиболее оптимальным решением считается $x^* = \max_x F(x)$.

СИНТАКСИС ЯЗЫКА ОПИСАНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ

Синтаксис языка описания ограничений был вдохновлен польской записью (префиксной нотацией) [2, 3], которая

обеспечивает эффективную оценку выражений без необходимости учета приоритета. Другой причиной выбора польской нотации является ее краткость написания.

Оператор «от точки до точки по критерию» обозначается символом «@» и устанавливает ограничения на значение критерия между двумя точками. Например, «@ A В время > 300» означает, что время пути от A до В превышает 300 единиц, а @ В С простота ~ [275, 375] фиксирует диапазон допустимой величины простота для маршрута от В до С в пределах от 275 до 375

включительно.

Оператор «#» фиксирует позицию точки в маршруте. Например «# A = 1» требует, чтобы город A был стартовой точкой, а «# A ~ (5, 7]» разрешает его местоположение на позициях от 5 (не включая) до 7. Такие условия помогают в планировании, где некоторые точки должны быть посещены в определенном этапе маршрута.

Для управления последовательностью используются операторы «следует за» и «следует непосредственно за», обозначаемые «>>» и «>>>» соответственно. Например, «>> D I» означает следование точки D за точкой I, но не обязательное непосредственно, тогда как «>>> A N» обязывает A непосредственно следовать за N.

Логические операторы «&», «|» и «!» позволяют комбинировать условия и означают конъюнкцию, дизъюнкцию и отрицание соответственно, аналогично правилам математической логики [1, 2, 3].

Также можно заметить, что в примерах использовался оператор диапазона, сопровождаемый символом «~». Скобки у операторов означают «включительность» по общим математическим правилам, а отсутствие числа слева или справа от запятой означает начало и конец диапазона от 0 до бесконечности соответственно.

Логическое выражение разделяет фраза «->», справа от которой написаны санкции, которые будут применены к решению. Санкции могут быть описаны в виде пар «имя критерия – значение», перечисленных через запятую (например, «время:300, простота:-150») или в виде ключевого слова «exs», что будет означать полное исключение решения из дальнейших расчетов. Пример полной записи ограничения выглядит так:

(!(((@ A C дистанция > 50 & # G ~

[2,7]) | (@ D E время <= 100 & # C = 0)) & (>> F G | >>> B C)) | (@ E F дистанция != 10 & # B ~ [,3) & !(@ B D важность < 30)) -> время:300

Как можно заметить, ограничения могут быть записаны в виде логического выражения, который может иметь любой уровень вложенности и использовать любые общеизвестные логические операции. Кроме того, с правой стороны от оператора сравнения, помимо значения может использоваться другая команда. Так, например, можно сравнить значение между точками по одному критерию с значением между точками по другому критерию.

КОМПИЛЯЦИЯ ЯЗЫКА ОПИСАНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ

Язык описания ограничений разрабатывался для программного обеспечения, предназначенного для решения многокритериальных задач оптимизации. Для того, чтобы ограничения применить к поставленной многокритериальной задаче, был разработан компилятор, преобразующий код языка описания ограничений в программную сущность Rule, содержащую в себе:

- функцию для проверки полученного решения. Принимает на вход вектор решения (x), возвращает на вход логическое значение: true – если решение не удовлетворяет ограничениям, false – в обратном случае;

- санкции, представленные в формате «ключ-значение», где ключ – наименование критерия, значение – числовое значение, которое будет прибавлено к значению приспособленности решения по данному критерию. В зависимости от знака, может выступать как «вознаграждением», так и «штрафом» к решению. Вместо перечня санкций может иметь значение None, что

означает исключение решения из дальнейшего вычислительного процесса.

Схема алгоритма компиляции языка ограничений приведена на рисунке 1.

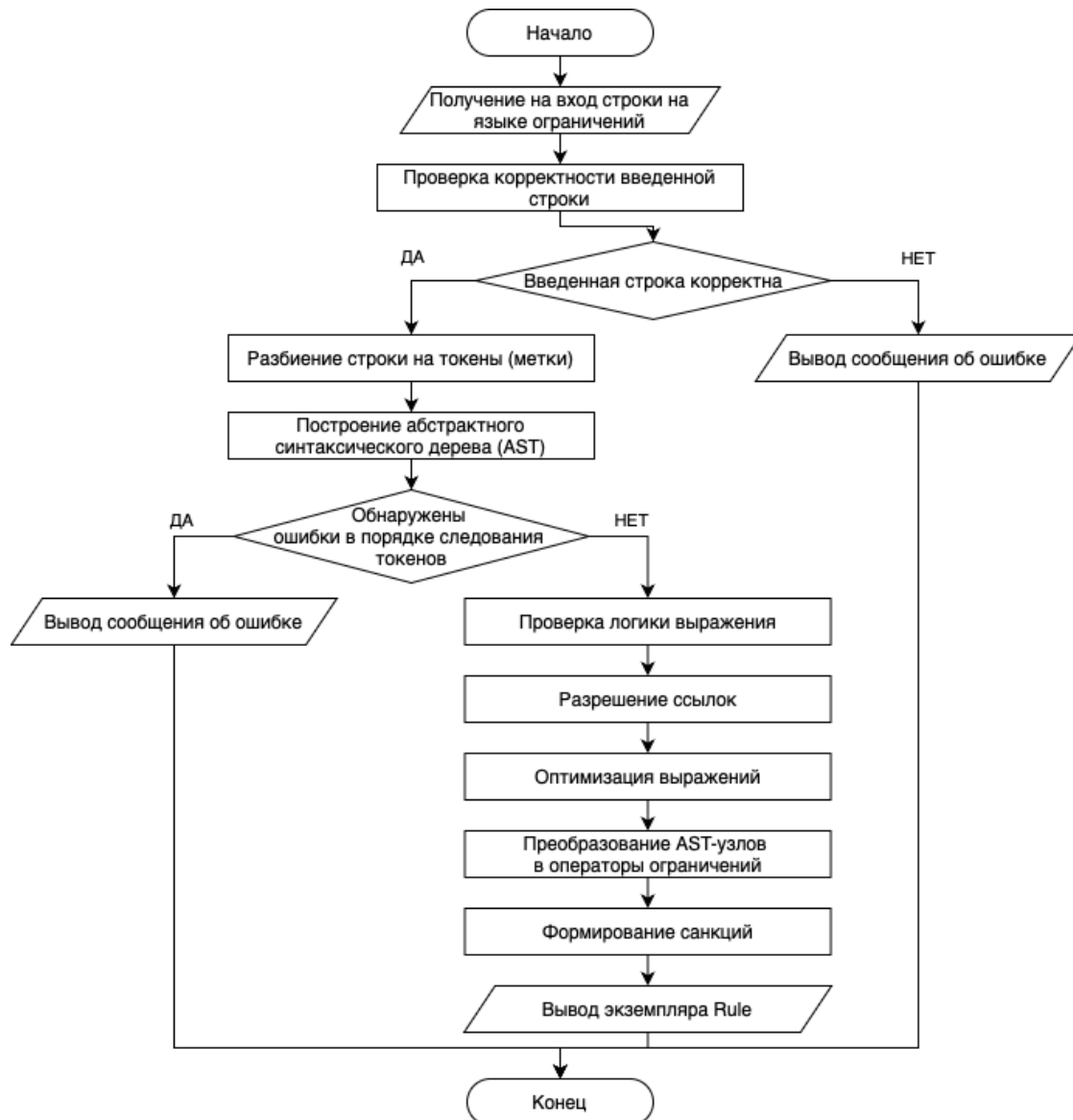


Рис. 1. Схема алгоритма компиляции языка ограничений

Ниже описаны основные этапы компиляции:

– лексический анализ: входная строка разбивается на токены, такие как наименования точек (именные точки типа «А», «В» преобразуются в порядковые числа, которыми оперируют алгоритмы), числа, критерии, символы, отвечающие за операторы. Это позволяют структурировать данные для дальнейшего анализа;

– синтаксический анализ: используется рекурсивный спусковой обработчик для построения абстрактного синтаксического дерева (AST) на основе грамматики языка [4];

– семантическая проверка: на этом этапе проверяется корректность ссылок на точки и критерии, а также валидность диапазонов позиций и выражений. Например, что точка «G» существует, а диапазон «[2, 7]» имеет смысл;

– для оценки условий используется стековый подход: строка в польской нотации обрабатывается справа-налево. Операнды помещаются в стек, а операторы извлекают нужное количество операндов, выполняют операцию и возвращают результат в стек;

– AST преобразуется в объект Rule.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье была представлена разработка и описание языка описания ограничений, предназначенного для решения многокритериальных задач оптимизации, с акцентом на транспортные задачи. Основной задачей исследования стало создание модели, которая позволяет интегрировать сложные ограничения в процесс оптимизации, учитывая специфику многокритериального подхода. Язык описания ограничений обеспечивает компактность и эффективность обработки логических выражений произвольной вложенности. Это делает его удобным инструментом для формализации условий, возникающих в задачах, где требуется одновременно оптимизировать несколько критериев и соблюдать строгие логические ограничения.

Ключевым результатом работы стало создание набора операторов языка, которые позволяют задавать разнообразные условия на последовательности точек и значения критериев. Эти операторы, в сочетании с логическими операторами, предоставляют гибкость для описания сложных ограничений, адаптированных под конкретные потребности задачи. Кроме того, введен механизм санкций, который применяется при несоблюдении ограничений. Санкции могут выражаться в виде штрафов или вознаграждений, влияющих на приспособленность решения, либо приводить к полному исключению решения из рассмотрения в

случае критических нарушений. Такой подход обеспечивает тонкую настройку процесса оптимизации и строгое соблюдение ключевых условий.

Важным практическим достижением стало создание компилятора, преобразующего текстовое описание ограничений в программную сущность, интегрируемую в системы оптимизации. Компилятор автоматизирует проверку решений на соответствие заданным ограничениям и применение санкций, что значительно упрощает использование языка в реальных приложениях. Это делает результаты работы полезным для специалистов в области операционного управления, логистики и систем принятия решений.

В перспективе дальнейших исследований можно выделить несколько направлений. Во-первых, расширение набора операторов для поддержки новых типов ограничений, что повысит универсальность языка. Во-вторых, интеграция языка с различными алгоритмами оптимизации открывает возможности для его применения в более широком спектре предметных областей. Эти шаги помогут укрепить практическую значимость разработки и расширить ее применимость в реальных задачах оптимизации.

Библиографический список

1. Aho, A. V. Compilers: Principles, Techniques, and Tools. 2nd ed. / A. V. Aho, M. S. Lam, R. Sethi, J. D. Ullman. – Pearson, 2011. – 1009 с.
2. Łukasiewicz, J. Philosophische Bemerkungen zu mehrwertigen Systemen des Aussagenkalküls // *Comptes Rendus des Séances de la Société des Sciences et des Lettres de Varsovie. Cl. III.* – 1930. – Vol. 23. – P. 51–77.

3. Лукашенко, В. В. Разработка алгоритма перевода нейтропрограммы из польской формы в абстрактное синтаксическое дерево / В. В. Лукашенко, В. А. Романчук // Интеллектуальные системы, управление и мехатроника – 2017 : материалы III Всерос. науч.-техн. конф. мол. ученых, аспирантов

и студентов, Севастополь, 18–20 сент. 2017 г. / науч. ред. А. Т. Барабанов. – Севастополь : СевГУ, 2017. – С. 234–238. – EDN ZOXCZ.

4. Черч, А. Введение в математическую логику. Т. 1 / пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит., 1960. – 485 с.

Информация об авторах

Баранов Дмитрий Алексеевич – аспирант кафедры автоматизированных и вычислительных систем, Воронежский государственный технический университет (394026, Россия, г. Воронеж, Московский пр-кт, 14), e-mail: div8@bk.ru

Information about the author

Baranov Dmitriy Al'xeyevich – postgraduate student department of automated and computing systems, Voronezh state technical university (394026, 14 Moskovskiy avenue, Voronezh, Russia), e-mail: div8@bk.ru

УДК 004.9

АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДА МЕДИКАМЕНТОВ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

М.В. Паринов¹, С.А. Мнацаканян¹

¹ООО «Я Робот», Воронеж, Россия

Аннотация: Работа посвящена анализу возможных решений для автоматизации склада скорой медицинской помощи. Проведен анализ существующих решений, показана невозможность их использования. В качестве оригинального решения предложена идея программно-аппаратного комплекса с несколькими вариантами реализации аппаратной части, от которой зависит полная архитектура решения. В результате обсуждения выбрано лучшее из них для продолжения проектных и практических работ.

Ключевые слова: автоматизация, методика организация автоматизированного склада, программно-аппаратный комплекс, робототехническое решение, склад медикаментов, скорая медицинская помощь.

ANALYSIS OF SYSTEM AUTOMATION SOLUTIONS FOR EMERGENCY MEDICINE STORAGE

M.V. Parinov¹, S.A. Mnatsakanyan¹

¹Limited liability company «Ya Robot», Voronezh, Russian Federation

Abstract: The paper examines possible healthcare supply warehousing solutions. A thorough analysis of the present-day solutions is conducted. The idea of appliance with several hardware implementation options is proposed, on which the complete architecture of the solution depends. As a result of the discussion, the best option is selected and recommended for further development.

Keywords: automation, methodology for organizing an automated warehouse, software and hardware package, automated solution, healthcare supply, warehouse, emergency.

В настоящее время автоматизация логистических процессов и складского хозяйства скорой медицинской помощи (СМП) и других медицинских организаций находится на низком уровне. Это отмечается в

литературных источниках [1,2]. В результате возникают значительные убытки вследствие порчи и потери медикаментов и сопутствующих товаров, предъявляются повышенные требования к трудовым

ресурсам, не оптимально формируются бизнес-процессы, неэффективно используются складские площади и так далее.

В рассматриваемом случае автоматизацию целесообразно начинать с центрального склада региона, который объединяет практически все крупные бизнес-процессы логистики СМП. Для этого необходимо предложить программно-аппаратное решение, удовлетворяющее необходимым требованиям.

Особенностью центрального склада СМП является достаточно крупный объем оборота (до 5.000 финальных упаковок в день), значительный объем хранения (может превышать 100.000 финальных упаковок) при этом обращение осуществляется на уровне финальных упаковок (минимальная упаковка с идентификацией в государственных информационных системах). Таким образом мы не можем использовать типовые решения для автоматизации крупных складов [3,4], так как основной упор делается на другой формат упаковки.

Предварительная оценка показывает интерес к использованию розничных автоматизированных аптек [5,6] в рамках решаемой задачи. Однако они имеют ряд существенных недостатков. Несоответствие программного обеспечения и алгоритмов является потенциально решаемой, но крайне трудоемкой задачей. Тогда как их физические лимиты практически непреодолимы. В частности, конструкция большинства розничных аптек рассчитана на небольшой объем обращения в единицу времени. При этом их конструкции крайне сложно и дорого масштабируются или полностью не допускают масштабирования.

Поэтому необходимо разработать методику и концепцию физического уровня автоматического центрального склада

СМП, который позволяет решить поставленные задачи. Нами предлагается три варианта со следующими рабочими названиями:

- картотека;
- карусельная картотека;
- диспенсер.

Рассмотрим их краткое устройство, особенности, применимость, достоинства и недостатки.

«Картотека»

Название концепции принято из-за схожести с бумажной картотекой библиотеки. Типовой стеллаж содержит расположенные в регулярном порядке выдвигающиеся пеналы. Высота и ширина пенала значительно меньше глубины. Пеналы имеют несколько типоразмеров, чтобы эффективно (по занимаемому объему) располагать медикаменты.

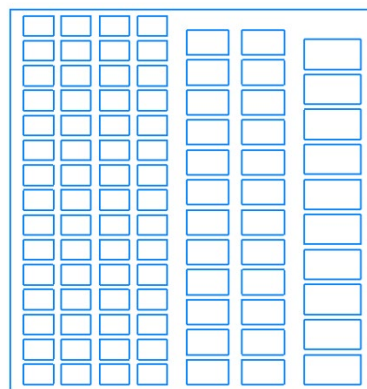


Рис. 1. Стеллаж «картотеки»

На рисунке 1 представлен схематичный вид стеллажа (вид спереди). На рисунке 2 схематично представлен пенал для предлагаемого решения.

Медикаменты располагаются в ячейках определенного размера торцом с QR-кодом вверх (предусмотрено несколько типовых типоразмеров пеналов с разными ячейками). Исключением являются упаковки с QR-кодом на наибольшей

поверхности (например, растворы для инъекций). Они располагаются QR-кодом в сторону передней стенки пенала. Конструкция пенала схожа концептуально с конструкцией полки для CD-дисков. Однако для повышения надежности и простоты захвата каждая ячейка снабжена подпружиненными ламелями, базирующими упаковку в дальнем правом углу. Извлечение медикаментов осуществляется захватом манипулятора сверху при выдвинутом положении пенала.

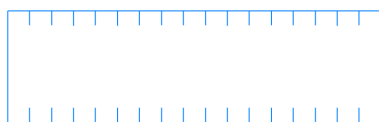


Рис. 2. Пенал для медикаментов «картотеки»

Рассмотрим рабочие процедуры при использовании «картотеки». Загрузка выполняется следующим образом: пустой (конструкцией допускается не пустой) пенал изымается из стеллажа специализированным захватом (робот имеет минимум 2 различных захвата: для извлечения финальных упаковок из пенала и для перемещения пенала (и контейнера для выгрузки) целиком). Далее он перемещается в зону загрузки, где выполняется заполнение.

При загрузке необходимо соблюдать правило расположения QR-кодов. Желательно, но не обязательно укладывать рядом однотипные медикаменты. Упаковки должны свободно входить в ячейки и не проходить в отверстие между сепараторами, то есть соответствовать загружаемому пеналу. Если они не соответствуют, то их необходимо разместить в другом (подходящем по размеру) пенале. Одновременно допускается и рекомендуется заполнение нескольких пеналов.

При размещении упаковок

допускается сканирование QR-кодов, что обеспечивает картирование расположения медикаментов. Однако данная операция не является необходимой. Предпочтительной технологией предполагается автоматическая инвентаризация вновь загруженных пеналов, когда робот выдвигает их, сканирует коды и отправляет данные в базу данных верхнего уровня системы. Автоматическая инвентаризация выполняется в свободное от срочных операций время робота.

Для оптимизации складского пространства (например, освобождения пеналов с малым количеством ячеек или переноса одинаковых препаратов в один пенал) предлагается автоматическая процедура, которая проводится в свободное от срочных задач время робота. Порядок процедуры, следующий: выдвинуть освобождаемый пенал, извлечь требуемую упаковку, при этом проверить QR-код, перейти к загружаемому пеналу, выдвинуть его, загрузить упаковку, после чего внести изменение в базу данных верхнего уровня.

Выгрузка медикаментов, согласно запросу, выполняется следующим образом: робот забирает приемный контейнер из зоны формирования отгрузки. Заполнение контейнера осуществляется свободным сбросом с высоты его борта.

Манипулятор согласно данным о расположении медикаментов (получены с верхнего уровня) поочередно подходит к требуемым пеналам, выдвигает их, извлекает сверху упаковку, читает QR-код и перемещает ее в контейнер. Если в текущем пенале несколько требуемых упаковок они извлекаются по очереди. В противном случае пенал задвигается манипулятором, и он переходит к следующему пеналу, действуя по описанному ранее алгоритму.

Чтение QR-кода при загрузке и

выгрузке незначительно усложняет операции и увеличивает их время выполнения. Однако позволяет значительно уменьшить вероятность возникновения ошибок.

Преимущества «картотеки»: до 10.000 финальных упаковок в стеллаж с фронтальными размерами 2000x2000 мм, сравнительно простая конструкция (без дополнительных приводов внутри стеллажа), частичная автоматизация загрузки на первом этапе, отсутствие необходимости резервирования места для доступа человека в зону робота.

Недостатки «картотеки»: необходимость автоматизировать загрузку на первом этапе, не самая простая конструкция (выдвижение пенала, извлечение финальной упаковки сверху).

«Карусельная картотека»

Решение схематично показано на рисунке 3 (вид сбоку).

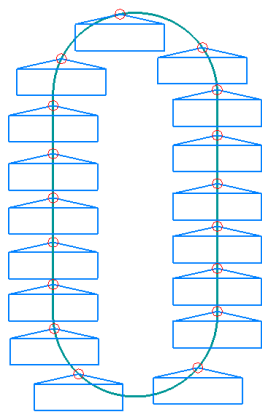


Рис. 3. Карусельная картотека

Решение имеет максимальную схожесть с «картотекой». Однако пеналы закреплены не на жестко установленных направляющих в ячейках стеллажа, а установлены на перемещающихся люльках-направляющих. На рисунке 3 схематично показан механизм для одного ряда пеналов. В каждом стеллаже находится значительное количество механизмов, равное

количеству горизонтальных рядов. Практически механизм является единственным и достаточно прост в проектировании, изготовлении и эксплуатации.

Решение также подлежит полной автоматизации. Однако на первом этапе допускается упрощенная процедура загрузки с участием оператора, который заходит в зону загрузки с обратной стороны стеллажа или в зону перемещения манипулятора (при этом манипулятор выводится в крайнюю позицию). Далее необходимый пенал механизмом устанавливается в позицию загрузки (по вертикальной оси). Оператор открывает его и выполняет все операции, аналогичные классической «картотеке», но без перемещения пенала в зону загрузки.

Формирование выгрузки осуществляется практически аналогично «картотеке». Однако в манипуляторе отсутствует ось перемещения вдоль вертикальной оси. Данное перемещение реализуется за счет движения карусельного механизма.

Преимущества «карусельной картотеки»: до 8.000 финальных упаковок в стеллаж с фронтальными размерами 2000x2000 мм, возможность перенести автоматизацию загрузки на следующий этап без потери практических характеристик (время, удобство, ошибки), упрощенная конструкция манипулятора, позволяющая не только повысить надежность и снизить стоимость, но и повысить ускорения и следовательно скорости при перемещении.

Недостатки «карусельной картотеки»: лимитированная скорость перемещения пеналов с медикаментами вдоль вертикальной оси карусельным механизмом, относительно сложная конструкция блока стеллажей, необходимость резервирования пространства для доступа оператора на первом этапе.

«Диспенсер»

Данное решение имеет значительное концептуальное ограничение: диспенсер эффективен и целесообразен только при заполнении одной ячейки строго одинаковыми препаратами (название, серия и т.д.). В противном случае он проигрывает представленным выше решениям.

Концепция основывается на том, что стеллаж заполнен ячейками (пеналами в предыдущих вариантах), которые заполняются упаковками в виде стека. Выгрузка осуществляется по одной коробке с торца при помощи толкателя или под действием гравитации. Заполнение выполняется с противоположного торца.

Диспенсер может успешно использовать принцип построения стеллажей «картотеки» и «карусельной картотеки». Оба варианта являются удачными, обеспечивают наивысшую плотность хранения и легко автоматизируются.

Диспенсер является наилучшим вариантом, если мы планируем работать только с редко меняющейся ограниченной номенклатурой медикаментов. Это не противоречит организации типового склада СМП, но при этом ограничивает его гибкость и масштабируемость.

Преимущества диспенсера: до 14.000 финальных упаковок в стеллаж с фронтальными размерами 2000x2000 мм, достаточно простая конструкция, простота автоматизации и масштабирования.

Недостатки диспенсера: отсутствие гибкости ввиду невозможности (нецелесообразности) заполнения ячейки различающимися (даже незначительно) медикаментами.

Все представленные выше варианты пригодны для решения поставленной задачи. Однако для реализации аппаратно-

программного комплекса необходимо выбрать один из них.

Рассмотрим решение «Диспенсер». Оно отличается наибольшей плотностью хранения, упрощенной конструкцией манипулятора, максимальной простотой автоматической загрузки. Данный вариант оптимален в случае решения организационной задачи по стандартизации упаковок у различных производителей.

На практике стандартизация упаковок отсутствует и не планируется, а процедуры закупок запрещают приобретение у одного поставщика. Дополнительной проблемой является значительная вероятность неоптимальной по плотности загрузки вследствие отличий номеров партии однотипных медикаментов в различных закупках. Таким образом, мы не можем рекомендовать «Диспенсер» для практической реализации.

Оставшиеся 2 решения схожи. «Кarusельная картотека» использует усложненную конструкцию стеллажа, которая на первоначальном этапе автоматизации позволяет значительно упростить неавтоматическую загрузку. Однако при полной автоматизации данное преимущество теряется и приобретает недостаток, который также заключается в потенциальной низкой надежности и ограниченной скорости перемещения пеналов в карусельном механизме. Таким образом, для решения расширенной задачи принят вариант «Картотека».

Библиографический список

1. Белозерцева, Н.П. Оптимизация складской деятельности учреждений здравоохранения. Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2021. – Т. 10, № 3(36). – С. 246-250. – DOI 10.26140/anie-2021-1003-0056.

2. Leaven, L., Ahmmad, K., Peebles, D. Inventory management applications for healthcare supply chains. *International Journal of Supply Chain Management*, 2017, 6(3), pp.1-7.

3. Яковенко, О. Сделано в России: автоматизированный интеллектуальный склад ТЗМ-800 / О. Яковенко // Технологии в электронной промышленности. – 2022. – № 1(133). – С. 60-61. – EDN VATOIQ.

4. Laber J, Thamma R, Kirby ED. The impact of warehouse automation in amazon's success. *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.* 2020 Aug;7:63-70.

5. Phimmasorn B, Visitsattapongse S. The Pharmacy Automatically Machine. In *Proceedings of the 2019 11th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology 2019 May 29* (pp. 137-141).

6. Che H, Yun C, Zang J. Design and Implement on Automated Pharmacy System. In *Advances in Computer Science, Environment, Ecoinformatics, and Education: International Conference, CSEE 2011, Wuhan, China, August 21-22, 2011. Proceedings, Part I 2011* (pp. 167-175). Springer Berlin Heidelberg.

Информация об авторах

Паринов Максим Викторович - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет; Общество с ограниченной ответственностью «Я робот», Воронеж, Российская Федерация, e-mail: parmax@mail.ru

Мнацаканян Сергей Александрович - Общество с ограниченной ответственностью «Я робот», Воронеж, Российская Федерация e-mail: s@r-service.net

Information about the author

Maxim V. Parinov - candidate of science, associate professor, Voronezh State Technical University limited liability company «Ya Robot», Voronezh, Russian Federation, e-mail: parmax@mail.ru

Sergey A. Mnatsakanyan - limited liability company «Ya Robot», Voronezh, Russian Federation, e-mail: s@r-service.net

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА УСЛУГ ЦИФРОВОГО ДИЗАЙНА

Н.А. Архипова¹, Я.А. Зарожина¹

¹*МИРЭА — Российский технологический университет*

Аннотация: В статье рассматривается процесс разработки мобильного приложения CREATIFY, предназначенного для упрощения взаимодействия между заказчиками и дизайнерами в сфере цифрового дизайна.

Ключевые слова: мобильное приложение, цифровой дизайн, React Native, Node.js, PostgreSQL, взаимодействие пользователей.

DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR ORDERING DIGITAL DESIGN SERVICES

N.A. Arkhipova¹, Ya.A. Zarozhina¹

¹*MIREA — Russian University of Technology*

Abstract: The article discusses the development process of the mobile application CREATIFY, designed to simplify the interaction between customers and designers in the field of digital design.

Keywords: mobile application, digital design, React Native, Node.js, PostgreSQL, user interaction.

Современный рынок цифровых услуг характеризуется высокой динамикой развития, что обусловлено увеличением спроса на дизайнерские решения и необходимостью оптимизации процессов взаимодействия между заказчиками и исполнителями. В данной статье представлен анализ разработки мобильного приложения CREATIFY, которое призвано решить проблему поиска специалистов и управления проектами в области цифрового дизайна. Приложение, созданное на основе современных технологий, таких как React Native, Node.js и PostgreSQL, демонстрирует высокую функциональность и удобство использования. Проведен анализ существующих аналогов, выделены их недостатки, а также обоснован выбор инструментов разработки. Особое внимание уделено архитектуре приложения, включая клиентскую и серверную части, а также результатам тестирования. Статья подчеркивает актуальность решения в условиях растущего спроса на цифровые услуги.

Актуальность темы подтверждается наличием существенных недостатков у существующих платформ, таких как Behance, Dribbble и 99designs, включая отсутствие функционала для управления проектами и высокую конкуренцию среди дизайнеров.

На основании представленных данных проведем анализ трех ключевых платформ: Behance, Dribbble и 99designs (Найнти-дизáйнз) [1, 2, 3].

– Behance - позволяет дизайнерам публиковать портфолио и находить работу. Недостатки: нет функционала для управления проектами, платежей и согласования задач.

– Dribbble – изначально создавалась как социальная сеть для дизайнеров. Недостатки: акцент на монетизацию снижает качество контента.

– 99designs (Найнти-дизáйнз) - специализируется на дизайнерских услугах через конкурсы. Недостатки: высокая конкуренция, нет гарантии выбора работы, большие временные затраты.

Проведенный анализ аналогов позволил выявить ключевые проблемы, которые решает приложение CREATIFY. Платформы Behance и Dribbble, несмотря на их популярность, не предоставляют функционала для полноценного управления проектами, включая согласование задач и систему платежей. Сервис 99designs, основанный на конкурсном подходе, требует значительных временных затрат и не гарантирует выбор работы заказчиком. Эти недостатки стали основой для разработки нового решения, ориентированного на удобство и эффективность взаимодействия.

В процессе разработки мобильного приложения работы авторы руководствовались локальными и глобальными актами, связанными со спецификацией образовательной программы, а также следующими нормативными актами:

– Федеральный закон № 152-ФЗ «О персональных данных» от 27.07.2006.

– Федеральный закон № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006.

– ГОСТ Р 56939-2016 «Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования».

– ГОСТ Р 57764-2017 «Интерфейс пользователя мобильных приложений. Общие требования к разработке».

– Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ) от 30.12.2001 № 197-ФЗ.

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и

программная инженерия. ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. N 631-ст.

– ГОСТ 34.601-90. ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ. СТАДИИ СОЗДАНИЯ: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29.12.90 N 3469.

– ГОСТ 34.602-89. ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24.03.89 N 661.

Рассмотрим выбор средств разработки:

Для создания нашего приложения использовались следующие инструменты:

1. Figma – для разработки пользовательского интерфейса и обеспечения удобства использования [5].

2. React Native – для программирования логики приложения и его функционала [6].

3. Java Script - высокоуровневый язык программирования с динамической типизацией данных [6].

Обратимся непосредственно к дизайну мобильного приложения. Особое внимание было уделено дизайну мобильного приложения так как именно продуманный дизайн является ключевым фактором успешного взаимодействия между пользователями.

Хотя UX-дизайнеры могут частично вовлекаться в разработку визуальных аспектов интерфейса, данная функция, как правило, закреплена за специализированным сотрудником. В рамках профессиональных обязанностей последнего находится проектирование экстерьера цифрового продукта (приложения или веб-сайта), который должен:

– обеспечивать устойчивые ассоциации с брендом;

– обладать высокой пользовательской привлекательностью;

– соответствовать актуальным нормам дизайн-стандартов.

UI-дизайнер, в свою очередь, осуществляет:

– разработку цветовых схем (базовой палитры интерфейсных элементов);

– проектирование иконографии;

– типографический выбор (подбор шрифтовых решений);

– отбор и адаптацию визуального контента [7].

Итак, по теории Йоханесса Иттена в рамках систематизации хроматических взаимодействий целесообразно выделить семь базовых типов цветовых контрастов, классифицированных по визуально-перцептивным характеристикам:

– Хроматический контраст (контраст по цветовому тону);

– Ахроматический контраст (контраст светлоты: светлое/тёмное);

– Термический контраст (противопоставление тёплых и холодных цветов);

– Комплементарный контраст (взаимодействие дополнительных цветов);

– Симультанный контраст (оптический эффект иррадиации);

– Контраст насыщенности

(противопоставление по чистоте цвета);

– Площадной контраст (соотношение величин цветовых масс) [8, с.64]

Цветовая палитра мобильного приложения CREATIFY построена на:

– Дополнительных контрастах (если используются, например, синий и оранжевый), которые создают динамичное, но сбалансированное сочетание;

– Монохромной гармонии – темные оттенки серого и черного объединены с близкими по тону цветами, что придает интерфейсу целостность.

– Темные оттенки – используются для фона интерфейса, что создает ощущение стабильности и профессионализма. Согласно Иттону, такие цвета ассоциируются с глубиной и концентрацией, что подходит для креативной платформы, где важно сосредоточиться на деталях дизайна.

– Белый и светлые акценты – применяются для текста и выделения элементов,

обеспечивая высокий контраст и читаемость. Это соответствует принципу "светлое-темное" (контраст по яркости) из теории Иттена, который усиливает визуальную ясность.

– Яркие акценты (например, фиолетовый или розовый, которые присутствуют в логотипе или кнопках) – могут символизировать энергию и креативность, что соответствует эмоциональной задаче приложения – вдохновлять пользователей на создание уникальных дизайнов.

Рассмотрим более детально дизайн мобильного приложения.

Вход в систему:

1. Перед началом работы пользователю открывается приветственный экран.

2. Далее пользователю необходимо выбрать кем он является заказчиком/дизайнером.

3. После пройти регистрацию и войти в мобильное приложение (рис.1).



Рис. 1. Вход в систему [разработано Зарожиной Я.А.]

– Основные разделы:

После входа в приложение открывается главная страница (галерея работ) где

пользователь может оценить работу дизайнера.

1. В следующем разделе - поиск

исполнителя пользователь исходя из своих потребностей выбирает подходящего специалиста, ориентируясь на их работы.

2. Следующая страница - чат для общения между заказчиками и исполнителями.

3. Страница уведомлений содержит информацию новых оценках работ в профиле.

4. На странице профиля отображается информация о добавленных проектах и статистика пользователя (рис.2).

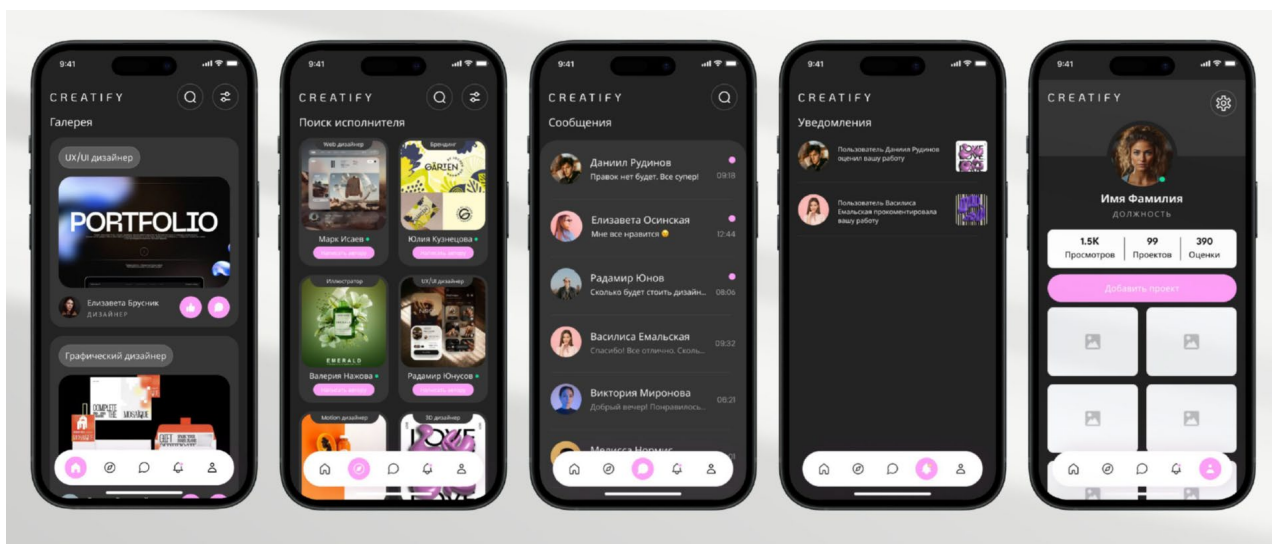


Рис. 2. Основные разделы [разработано Зарожиной Я.А.]

– Проекты:
Также предусмотрены определенные

страницы для добавления проекта в профиль (рис.3).

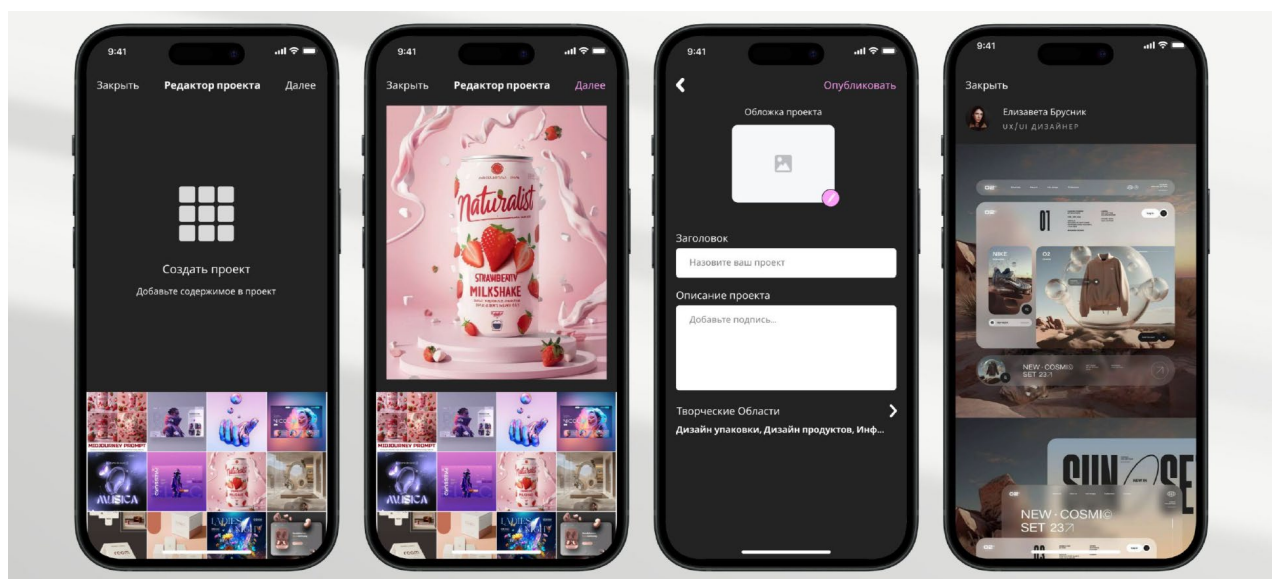


Рис. 3. Проекты [разработано Зарожиной Я.А.]

– Чат с дизайнером:

Что касается чата, то перед началом

общения со специалистом заказчик должен составить и отправить бриф, который

отправляется специалисту и только после этого доступен основной чат (рис.4).

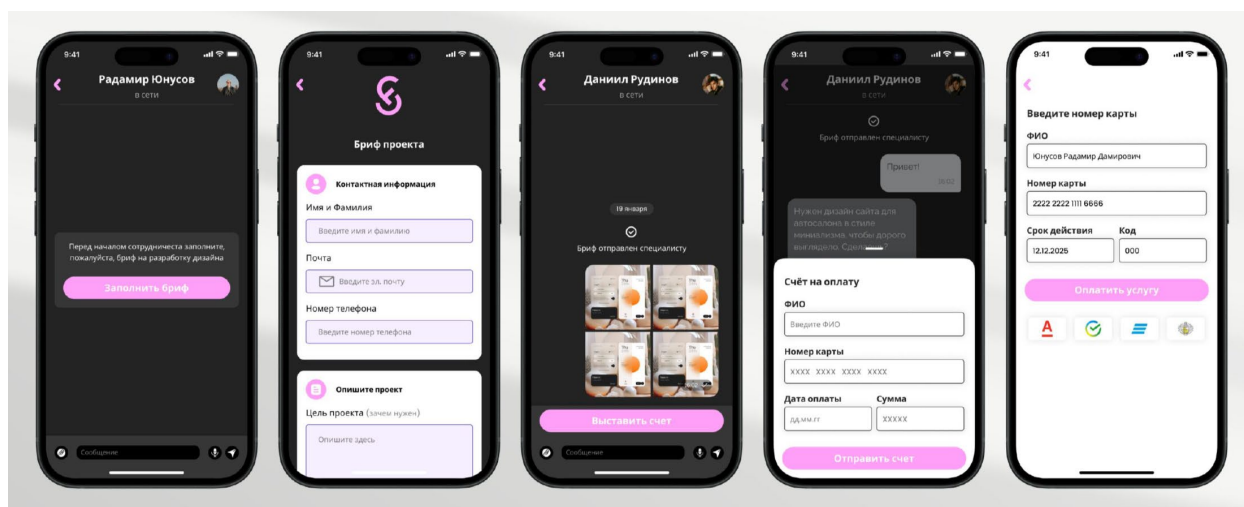


Рис. 4. Чат с дизайнером [разработано Зарожиной Я.А.]

Также предусмотрена встроенная система оплаты за произведенную работу.

– Разработка программной части:

Для разработки данного приложения необходимо было построить алгоритмы, по которым будет работать приложение. Программный код был разработан на JavaScript.

Также программная часть включала несколько ключевых компонентов: реализация интерфейса, интеграцию перехода между страницами и работу с графическими элементами (рис. 5).

– Разработка серверной части:

В качестве основы сервера используется Node.js, что обеспечивает высокую производительность и простоту разработки API.

Для работы с базой данных применяется PostgreSQL. База данных спроектирована с учетом требований предметной области.

Для серверной части разработана API, реализована система аутентификации, настроена база данных для хранения

проектов и пользователей.

Разработанное мобильное приложение CREATIFY представляет собой инновационное решение для рынка цифрового дизайна, объединяющее удобный интерфейс, современные технологии и эффективные инструменты коммуникации. Проведенный анализ аналогов и обоснованный выбор средств разработки позволили создать продукт, который устраняет ключевые недостатки существующих платформ. Результаты тестирования подтверждают готовность приложения к использованию в реальных условиях [9].

Перспективы дальнейшего развития проекта включают расширение функционала, интеграцию с дополнительными сервисами и оптимизацию пользовательского опыта. Внедрение подобных решений способствует повышению эффективности взаимодействия между заказчиками и дизайнерами, что является важным шагом в развитии цифровой экономики.

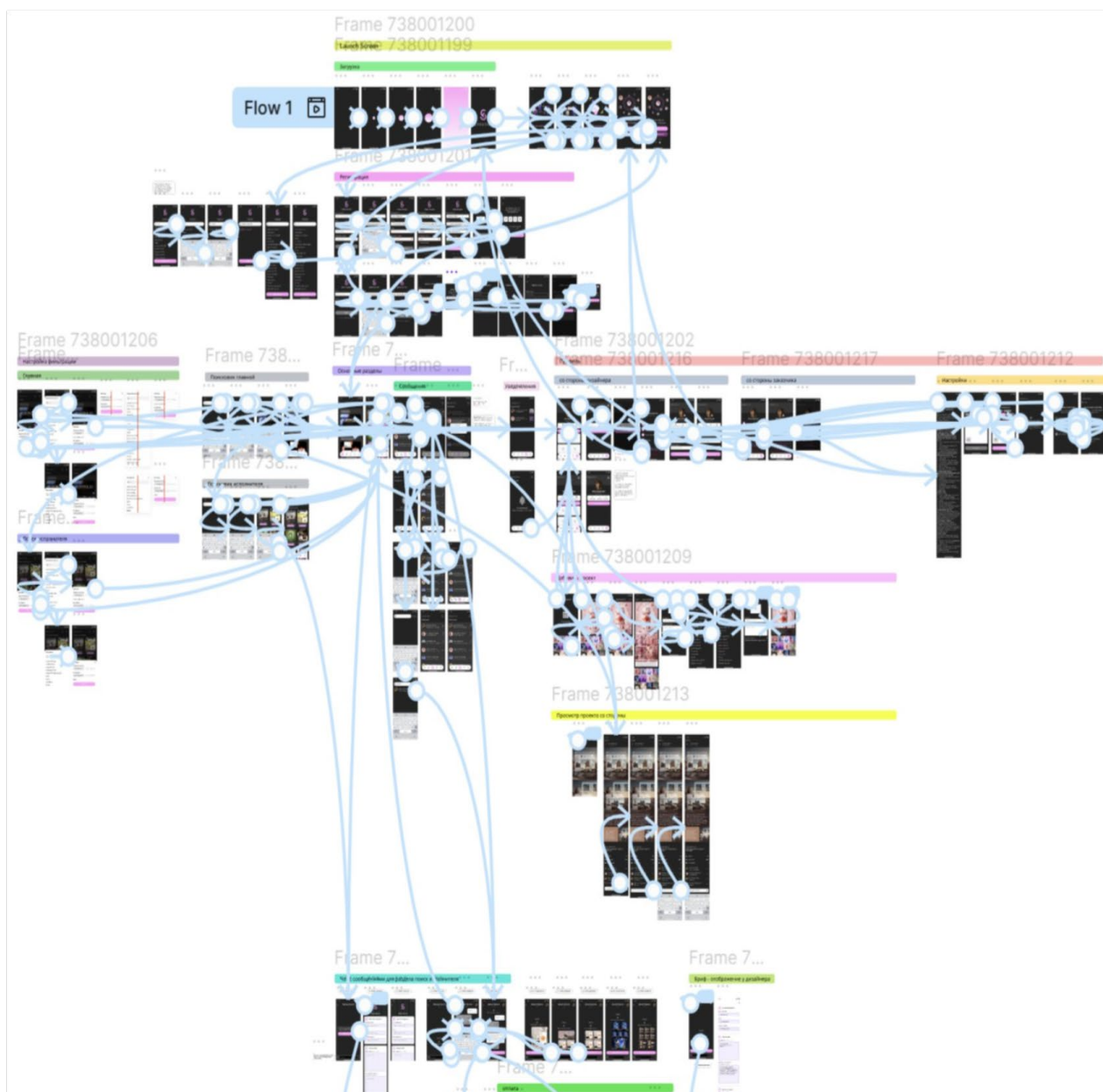


Рис. 5. Прототипы страниц [разработано Зарожиной Я.А.]

Библиографический список

1. Behance: онлайн-платформа для творческих людей – URL: <https://www.behance.net/search/projects/пользовательский%20интерфейс> (дата обращения: 26.02.2025). – Текст: электронный.
2. Dribbble – URL: <https://dribbble.com/> (дата обращения: 26.02.2025). Текст: электронный.

3. 99designs – URL: <https://99designs.com/> (дата обращения: 26.02.2025). – Текст: электронный.
4. Figma – URL: <https://www.figma.com/> (дата обращения: 26.02.2025). – Текст: электронный.
5. ReactNative – URL: <https://reactnative.dev/> (дата обращения: 26.02.2025). – Текст: электронный.

6. Руководство по JavaScript – URL: <https://metanit.com/web/javascript/> (дата обращения: 26.02.2025). – Текст: электронный.

7. UX/UI дизайн – URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/chto-takoe-ux-ui-dizayn> (дата обращения: 26.02.2025). – Текст: электронный.

8. Теория цвета Иоханнес Иттен – URL:

http://hudogniki.ru/catalog/knigi/Itten_Iskusstvo_cveta.pdf (дата обращения: 26.02.2025). – Текст: электронный.

9. Этапы разработки дизайна мобильного приложения – URL: <https://www.app2lab.ru/dizajn-prilozhenij.php> (дата обращения: 02.04.2025). – Текст: электронный.

Информация об авторах

Архипова Наталья Андреевна – кандидат искусствоведения, доцент кафедры игровой индустрии МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Москва, просп. Вернадского, 78, стр. 4), доцент кафедры журналистики, Московский Международный Университет (125040, Москва, Ленинградский проспект, 17), e-mail: naarkhip@yandex.ru

Зарожина Яна Александровна – студент, кафедры игровой индустрии МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Москва, просп. Вернадского, 78, стр. 4), e-mail: design2024mirea@gmail.com

Information about the author

Natalia A. Arkhipova – PhD in Art History, Associate Professor of the Department of Gaming Industry, MIREA – Russian University of Technology (119454, Moscow, ave. Vernadsky, 78, p. 4), Associate Professor of the Department of Journalism, Moscow International University (17 Leningradsky Prospekt, Moscow, 125040), e-mail: naarkhip@yandex.ru

Zarozhina Yana Alexandrovna – Student, Department of Gaming Industry, MIREA – Russian University of Technology (119454, Moscow, ave. Vernadsky, 78, p. 4), e-mail: design2024mirea@gmail.com

УДК 517.98

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИЧНЫМИ ФИНАНСАМИ НА ЯЗЫКЕ PYTHON С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ TKINTER И MYSQL

А.И. Гилязева¹, Н.К. Петрова¹

¹ *Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассматривается методика проектирования и разработки информационной системы для управления личными финансами с использованием языка программирования Python, библиотеки Tkinter для интерфейса и реляционной СУБД MySQL для хранения данных. Предложенный подход включает этапы анализа предметной области, моделирования бизнес-процессов, проектирования структуры системы, разработки и тестирования приложения. Система позволяет вести учет доходов и расходов по категориям, формировать аналитические отчеты и оптимизировать финансовое планирование. Реализована реляционная модель данных с таблицами для пользователей, категорий доходов и расходов, а также транзакций. Показано, что использование системы позволяет сократить время на управление финансами и повысить эффективность финансового планирования, обеспечивая экономический эффект до 250 000 руб. в год. Разработанная методика может быть применена для создания аналогичных приложений в области управления данными.

Ключевые слова: управление личными финансами, Python, Tkinter, MySQL, информационная система.

METHODOLOGY FOR DEVELOPING A PERSONAL FINANCE MANAGEMENT SYSTEM USING PYTHON WITH TKINTER AND MYSQL

A.I. Gilyazeva¹, N.K. Petrova¹

¹ *Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article presents a methodology for designing and developing an information system for personal finance management using the Python programming language, the Tkinter library for the user interface, and the MySQL

relational DBMS for data storage. The proposed approach includes stages of domain analysis, business process modeling, system structure design, application development, and testing. The system enables tracking of income and expenses by categories, generating analytical reports, and optimizing financial planning. A relational data model is implemented with tables for users, income and expense categories, and transactions. It is demonstrated that the system reduces the time spent on financial management and enhances planning efficiency, yielding an economic benefit of up to 250,000 RUB annually. The developed methodology can be applied to create similar data management applications.

Keywords: personal finance management, Python, Tkinter, MySQL, information system

Современные информационные технологии играют важную роль в автоматизации процессов управления личными финансами, позволяя пользователям эффективно отслеживать доходы и расходы, планировать бюджет и достигать финансовых целей [1]. Разработка систем управления личными финансами является актуальной задачей, поскольку существующие решения часто имеют ограничения, такие как сложный интерфейс или высокая стоимость подписки [2].

В представленной работе описана методика создания информационной системы для управления личными финансами, включающая этапы анализа предметной области, проектирования, разработки и тестирования. Особое внимание уделено разработке удобного интерфейса, надежной структуры данных и защите информации пользователей.

Методика разработки системы управления личными финансами состоит из пяти основных этапов:

- Анализ предметной области: определение требований к системе, изучение существующих решений (CoinKeeper, EasyFinance, Дребеденьги, MoneOn) и выявление их недостатков, таких как ограничения бесплатных версий и сложность интерфейса.

- Моделирование бизнес-процессов: использование нотации BPMN для построения моделей процессов учета доходов, расходов, управления категориями и

формирования отчетов.

- Проектирование системы: разработка реляционной модели базы данных (MySQL) с таблицами `users`, `income_categories`, `spend_categories`, `incomes`, `spends`, а также проектирование интерфейса с использованием UML-диаграмм (вариантов использования, деятельности, развертывания).

- Программирование: реализация серверной части на Python с использованием MySQL Connector, создание графического интерфейса с помощью Tkinter, включая окна авторизации, регистрации, управления категориями и отчетов.

- Тестирование: проведение функционального и интеграционного тестирования для проверки корректности работы системы, включая авторизацию, добавление записей и формирование отчетов.

Ключевым аспектом разработки является использование реляционной модели данных. База данных включает таблицы:

- `users` (пользователи): `id`, `login`, `password`;

- `income_categories` (категории доходов): `income_categoryId`, `ic_title`, `user_id`;

- `spend_categories` (категории расходов): `spend_categoryId`, `sc_title`, `user_id`;

- `incomes` (доходы): `incomeId`, `idate`, `isum`, `i_cat_id`, `usr_id`;

- `spends` (расходы): `spendId`, `sdate`, `ssum`, `s_cat_id`, `u_id`.

Таблицы связаны через внешние ключи с поддержкой каскадного удаления, что обеспечивает целостность данных. Например, при удалении категории доходов связанные записи в таблице incomes удаляются автоматически.

На рисунке 1 представлен пример SQL-запроса для получения списка доходов по категориям.

```
SELECT ic_title, SUM(isum) as total
FROM incomes i
JOIN income_categories ic ON i.i_cat_id = ic.income_categoryId
WHERE usr_id = %s
GROUP BY ic_title;
```

Рис. 1. SQL-запрос для выборки доходов

Интерфейс приложения реализован с использованием Tkinter, где окна и виджеты (кнопки, поля ввода, таблицы) динамически отображают данные из базы.

На рисунке 2 показан пример кода для

```
incs_rows_tree = ttk.Treeview(inc_row_tree_frame, yscrollcommand=tree_scroll.set, selectmode="extended")
incs_rows_tree['columns'] = ("date", "sum", "type")
incs_rows_tree.column("date", anchor=W, width=120)
incs_rows_tree.column("sum", anchor=W, width=80)
incs_rows_tree.column("type", anchor=W, width=120)
incs_rows_tree.heading("date", text="Дата", anchor=W)
incs_rows_tree.heading("sum", text="Сумма", anchor=W)
incs_rows_tree.heading("type", text="Тип", anchor=W)
```

Рис. 2. Код для отображения таблицы доходов

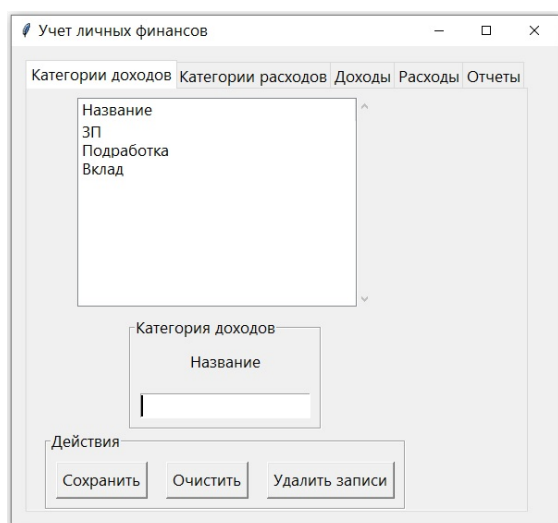


Рис. 3. Главное окно приложения

отображения таблицы доходов.

Разработанная система имеет множество достоинств:

- Автоматизация учета: ускоряет внесение и анализ доходов и расходов.

- Интуитивный интерфейс: удобная навигация с вкладками для категорий, транзакций и отчетов.

- Безопасность данных: шифрование паролей и разграничение доступа через авторизацию.

- Гибкость: возможность создания пользовательских категорий доходов и расходов.

- Экономический эффект: сокращение затрат времени на учет финансов, что эквивалентно экономии до 250 000 руб. в год за счет оптимизации расходов и планирования.

На рисунке 3 изображено главное окно приложения, которое включает в себя вкладки для категорий доходов, расходов, транзакций и отчетов, а также панель управления с кнопками для добавления, редактирования и удаления записей.

Разработанная методика создания системы управления личными финансами показывает высокую эффективность при разработке приложений для задач учета и анализа данных. Применение Python, Tkinter и MySQL гарантирует надежность, универсальность и простоту использования. Этот подход может быть адаптирован для других

целей, например, для управления корпоративными финансами или организации проектов, с возможностью внедрения функций интеграции с банковскими системами или мобильными платформами.

Библиографический список

1. Управление личными финансами. – URL: https://checkperson.ru/articles-sections/section-dolgi_i_zadolzhennosty/post-upravlenie-lichnymi-finansami (дата обращения: 10.05.2025).
2. Сервисы и приложения для финансового планирования. – URL: <https://fincult.info/article/servisy-i-prilozheniya-dlya-finansovogo-planirovaniya/> (дата обращения: 10.05.2025).
3. Python Documentation [Электронный

ресурс]. – URL: <https://docs.python.org/> (дата обращения: 10.05.2025).

4. MySQL Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://dev.mysql.com/doc/> (дата обращения: 10.05.2025).

5. Tkinter Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html> (дата обращения: 10.05.2025).

6. Nielsen J. Designing Web Usability / J. Nielsen // New Riders. – 2000. – 420 p.

7. Krug S. Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability / S. Krug // New Riders. – 2014. – 216 p.

8. Дейт К. Введение в системы баз данных / К. Дейт – М.: Вильямс, 2024. – 1368 с.

9. Фримен Э. Паттерны проектирования / Э. Фримен – Москва: Питер, 2021. – 640 с.

Информация об авторах

Гилязева Айгуль Ильдаровна – студент кафедры “Информационные технологии и интеллектуальные системы” по направлению “Технологии разработки программного обеспечения”, ФГБОУ Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: gilyazova_07@mail.ru

Петрова Наталья Константиновна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: nk_petrova@mail.ru

Information about the author

Gilyazeva Aygul Ildarovna - student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems in the direction of Software Development Technologies, FSBEU Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: gilyazova_07@mail.ru

Petrova Natalia Konstantinovna - Candidate of Physical and Mathematical 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: nk_petrova@mail.ru

УДК 004.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕГИОНА

А.А. Соловьева¹, Е.А. Салтанаева¹

¹Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Статья посвящена проектированию базы данных, которая обеспечивает надежное хранение, систематизацию и быстрый доступ к демографическим показателям региона для их комплексного анализа

Ключевые слова: база данных, демография, хранение информации, проектирование, демографические показатели, анализ данных, систематизация

DESIGNING AN EFFECTIVE DATABASE FOR ANALYZING REGIONAL DEMOGRAPHIC INDICATORS

A.A. Soloveva¹, E.A. Saltanaeva¹¹Kazan State Power Engineering University

Abstract: This article is devoted to the design of a database that provides reliable storage, systematization, and quick access to regional demographic indicators for their comprehensive analysis

Keywords: database, demography, information storage, create, design, demographic indicators, data analysis, systematization

Слово «демография» происходит от двух греческих слов: «демос» (demos) – народ и «графо» (grapho) – пишу. Демографическая составляющая общественных отношений и структуры общества была актуальна во все исторические эпохи и для всех государств. Ей неизменно придавалось большое значение при решении вопросов государственного управления, выявлении закономерностей в изменении численности и структуры населения Земли [1].

Демография как самостоятельная научная дисциплина имеет предметом своего исследования закономерности воспроизводства населения, рассматриваемые в контексте истории земной цивилизации, с учетом взаимодействия демографических процессов с социально-политическими и экономическими факторами. Основные демографические процессы включают в себя вопросы рождаемости и смертности, продолжительности жизни населения, а также прироста населения, миграционные процессы. Все вышеперечисленное оказывает непосредственное влияние на экономическую стабильность и рост экономики региона.

По данным Росстата, на начало 2024 года в стране проживало 146 150 789 человек, то есть 146,2 млн человек [2]. Население России продолжает уменьшаться: в январе 2023 года в стране насчитывалось 146 447 424 человек или 146,4 млн человек. Женщин по-прежнему больше: 78 461 360 человек, мужчин – 67 696 462 человек.

Средний возраст россиянина составляет 38,7 лет. Демографию России в 2023 и 2024 годах статистики считали по федеративному устройству страны на середину 2022-го.

Как именно эксперты Росстата дают демографическую оценку многомиллионной стране? Анализу подвергаются естественные и миграционные изменения.

Сначала узнают и сравнивают количество родившихся и умерших людей за указанный период. Например, в первом полугодии 2024 года естественная убыль населения составила 321,5 тысячи человек по сравнению с 272,5 тысячи в прошлом году.

С точной оценкой миграционного притока и оттока на практике все сложнее из-за особенности учета. Человек считается покинувшим Россию после даты окончания временной регистрации, а не после фактического переезда [5].

Наиболее актуальными проблемами населения в современной России, требующими своего решения, являются: высокий уровень смертности и заболеваемости населения; низкая ожидаемая продолжительность жизни; дестабилизация семьи как ячейки воспроизводства населения и формы организации быта и социализации детей; недостаточное использование потенциала внешней миграции в интересах демографического и экономического развития России.

Особую актуальность приобретают вопросы создания целевых

государственных программ развития населения в условиях обострения демографических аспектов национальной безопасности, что связано с формированием в ряде стран устойчивой тенденции отрицательного естественного прироста населения. Данная проблема особенно остро стоит в Российской Федерации [1].

Для эффективного сравнительного анализа демографической ситуации в территориальном и временном разрезах целесообразно использовать ограниченный набор ключевых показателей. Основу такой оценки должны составлять три фундаментальных параметра: уровень рождаемости, уровень смертности и миграционные процессы.

Эти базовые индикаторы позволяют не только объективно оценить текущую демографическую ситуацию в регионе, но и определить её положение на условной шкале от «чрезвычайно благоприятной» до «крайне неблагоприятной». Такой подход обеспечивает сопоставимость данных как между различными территориями, так и в динамике за разные периоды времени, что особенно важно для выработки обоснованных управленческих решений в сфере демографической политики [8].

Объем генерируемых данных постоянно растет. Данные поступают из разных источников: переписи населения, данные ЗАГС и МВД, социальные опросы, открытые API. Как можно обработать столько данных? Как можно найти среди огромного количества данных искомые? Для решения этих задач используются базы данных. Базы данных – специальные структуры, которые позволяют компьютерным системам хранить, управлять и извлекать данные очень быстро [9, 10].

Особенностью данной системы

является то, что база данных не просто пассивно хранит информацию, а активно участвует в процессах ее обработки и анализа [7]. Она представляет собой структурированное хранилище информации, организованное в виде взаимосвязанных таблиц, которые отражают ключевые аспекты демографической ситуации – численность и состав населения, показатели рождаемости и смертности, миграционные процессы и территориальные особенности.

Функционирование базы данных организовано таким образом, что она становится связующим звеном между различными этапами работы с демографическими показателями – от первичного сбора информации до формирования аналитических отчетов. Ее структура отражает все основные аспекты демографической ситуации в регионе, включая как количественные характеристики населения, так и качественные параметры его развития.

Процесс работы с базой данных начинается с этапа ввода информации, который осуществляется различными способами, включая ручной ввод через специальные формы, импорт данных из файлов Excel и CSV-форматов, а также пакетную загрузку результатов переписей населения. Особое внимание уделяется процедурам проверки целостности и достоверности вводимых данных, которые реализуются через систему ограничений и автоматических проверок.

После загрузки данных в базу выполняются различные операции обработки – от расчета базовых демографических показателей до сложных аналитических процедур. База позволяет агрегировать информацию по различным критериям, строить временные ряды для анализа динамики, выявлять аномалии и несоответствия в данных. Для

аналитической работы используются как стандартные SQL-запросы, так и специализированные процедуры обработки информации [4].

Эффективность всей системы демографического мониторинга в значительной степени зависит от качества организации базы данных. Для повышения эффективности работы требуется оптимизация структуры данных, включая нормализацию таблиц и улучшение индексов, автоматизация ключевых процессов обработки информации, а также расширение аналитических возможностей системы. Особое значение имеет разработка удобных интерфейсов для работы с данными, которые позволят максимально использовать потенциал собранной информации для анализа демографической ситуации и принятия обоснованных управленческих решений.

Критерии эффективности разрабатываемого решения:

- Возможность оперативного выявления значимых тенденций;
- Точность и достоверность аналитических расчетов;
- Наглядность представления выявленных закономерностей;
- Гибкость при изменении набора анализируемых показателей.

Цель проектирования заключается в создании специализированной базы данных, которая станет основным инструментом для выявления ключевых демографических тенденций и закономерностей, влияющих на принятие управленческих решений в регионе. База данных должна обеспечивать не только хранение информации, но и предоставлять аналитические возможности для глубокого исследования демографических процессов. Хорошо спроектированная БД облегчает управление данными и

генерирует точную и ценную информацию [6].

Для реализации проекта предлагается стратегия самостоятельной разработки базы данных, так как это позволяет учесть все особенности предметной области и требования, связанные с обработкой и анализом демографических данных. Самостоятельная разработка обеспечивает гибкость в проектировании структуры базы данных, что особенно важно для учета специфики демографических показателей. Кроме того, такой подход позволяет адаптировать базу данных под конкретные задачи, которые могут возникнуть в процессе работы, и обеспечивает возможность ее дальнейшего расширения и модификации.

Проектирование БД – разработка структуры БД, которая будет использоваться для хранения данных и управления ими. Проектирование БД является очень важным аспектом работы с БД. Даже хорошая СУБД будет плохо работать с плохо спроектированной БД.

Система управления базами данных (СУБД) – это набор программ, которые управляют структурой БД и контролируют доступ к данным, хранящимся в БД [3].

СУБД служит посредником между пользователем и БД. Сама структура БД хранится в виде набора файла, и единственный способ получить доступ к данным в этих файлах – через СУБД. Она представляет конечному пользователю (или прикладной программе) единое, интегрированное представление данных в БД. СУБД получает запросы приложений и переводит их в сложные операции, необходимые для выполнения.

В качестве системы управления базами данных (СУБД) рекомендуется использовать PostgreSQL. Этот выбор

обусловлен рядом преимуществ, которые делают PostgreSQL подходящим инструментом для работы с демографическими данными. Во-первых, PostgreSQL поддерживает сложные запросы и транзакции, что важно для анализа больших объемов данных. Во-вторых, она обладает высокой производительностью и надежностью, что обеспечивает стабильную работу базы данных даже при интенсивной нагрузке. В-третьих, PostgreSQL является бесплатной и имеет открытый исходный код, что делает ее доступной для использования в учебных и исследовательских проектах. Наконец, PostgreSQL поддерживается активным сообществом разработчиков, что гарантирует наличие обширной документации и ресурсов для решения возможных проблем [3].

Использование PostgreSQL в сочетании с самостоятельной разработкой базы данных позволяет создать эффективное и гибкое решение для хранения, обработки и анализа демографических показателей региона. Это обеспечивает не только выполнение текущих задач, но и возможность дальнейшего развития проекта в будущем. В системе PostgreSQL имеется довольно много расширений, реализующих дополнительную функциональность системы (не предусмотренную стандартом SQL) [4].

БД трансформирует демографические показатели в инструмент для стратегического управления. Она позволяет выявлять регионы с критической убылью населения, оценивать эффективность мер поддержки (например, материнского капитала) и балансировать трудовые ресурсы за счет анализа миграции. В долгосрочной перспективе это помогает планировать инфраструктуру: строить больницы там, где растет число пожилых людей, или расширять дороги в районах с высокой миграционной

активностью.

Таким образом, база данных – это не просто хранилище цифр, а ключевой инструмент для управления, основанного на фактах. Корректно спроектированная модель данных способна стать основой для повышения эффективности управления регионом, обеспечивая достоверность, доступность информации для принятия решений.

Библиографический список

1. 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. – (Высшее образование).
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>. – Дата обращения: 01.03.2025.
3. Мамедли Р. Э. Системы управления базами данных: учебник для СПО. – СПб.: Лань, 2024. – 228 с.
4. Новиков Б. А., Горшкова Е. А., Графеева Н. Г. Основы технологий баз данных : учебное пособие / под ред. Е. В. Рогова. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 582 с.
5. Мезенцева Е. В., Королюк Е. В. Бизнес-демография как индикатор эффективности социально-экономического развития региона // Управленческий учет. – Саратов, 2022. – № 2-1. – С. 125–130.
6. Ахтямов Р. Р. Разработка базы данных для организации сферы торговли / Р. Р. Ахтямов, Р. С. Зарипова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 78-81.
7. Хамитов Р. М. Умная логистика: как цифровые технологии трансформируют цепочки поставок / Р. М. Хамитов, Н. А. Натальсон // Экономика и

предпринимательство. – 2025. – № 5(178). – С. 825-830.

8. Применение технологий искусственного интеллекта при выявлении технологических трендов развития промышленных предприятий / С. С. Голубев, А. Л. Афанасьев, А. С. Рябов [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 7. – С. 336-340.

9. Шакиров А. А. Проблемы обеспечения информационной безопасности больших данных / А. А. Шакиров, Р. С. Зарипова

// Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2019. – № 3-4(17-18). – С. 150-152.

10. Минниханова Р. Р. Интеллектуальные системы и Большие данные: технологии обработки и применения в различных отраслях / Р. Р. Минниханова, Е. А. Салтанаева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 2(36). – С. 129-133.

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 004.457

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ПИТАНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ

А.А. Ахтямова¹, Е.А. Салтанаева¹

¹*Казанский государственный энергетический университет*

Аннотация: В статье рассматривается проектирование системы контроля и учета питания на платформе 1С: Предприятие, ориентированной на отдельного пользователя через мобильное приложение. Актуальность данной разработки обусловлена необходимостью повышения эффективности управления процессами питания в личном использовании, что особенно важно для людей, следящих за своим рационом и здоровьем. Описываются основные функции системы, включая учет продуктов, планирование меню и анализ потребления, которые обеспечивают удобство и доступность для пользователей. Также рассматриваются современные ИТ-технологии, применяемые в проектировании, и их влияние на автоматизацию процессов учета. Предложенная система направлена на решение существующих проблем в данной сфере, таких как недостаточная интеграция и сложность в использовании текущих решений, что позволит значительно улучшить качество обслуживания пользователей и оптимизировать управление ресурсами питания.

Ключевые слова: проектирование, информационная система, контроль, учет, питание, мобильное приложение, автоматизация, рацион, пользователь.

DEVELOPMENT OF POWER MONITORING AND METERING SYSTEM ON THE 1C: ENTERPRISE PLATFORM

A.A. Akhtyamova¹, E.A. Saltanaeva¹

¹*Kazan State Power Engineering University*

Abstract: The article discusses the design of a power monitoring and metering system on the 1C: Enterprise platform, aimed at an individual user through a mobile application. The relevance of this development is due to the need to improve the efficiency of nutrition management in personal use, which is especially important for people who monitor their diet and health. The main functions of the system are described, including product accounting, menu planning and consumption analysis, which ensure convenience and accessibility for users. Modern IT technologies used in design and their impact on the automation of accounting processes are also considered. The proposed system is aimed at solving existing problems in this area, such as insufficient integration and difficulty in using current solutions, which will significantly improve the quality of user service and optimize the management of power resources.

Keywords: design, information system, control, accounting, nutrition, mobile application, automation, diet, user.

Современное общество предъявляет высокие требования не только к качеству питания, но и к его учету. С увеличением числа людей, следящих за своим рационом и стремящихся к здоровому образу жизни, возникает необходимость в эффективных инструментах, которые позволяли бы контролировать потребление продуктов. В этом контексте современный рынок предлагает разнообразные решения для учёта питания. [1]. Однако многие из них оказываются неудобными, имеют ограниченный функционал или плохо интегрируются с другими системами, что в свою очередь значительно снижает их эффективность и востребованность среди пользователей.

Разработка системы на платформе 1С: Предприятие предоставляет возможность заложить основу для комплексного подхода к автоматизации учёта питания. [2]. Важность этой задачи возрастает в условиях стремительного темпа жизни, когда многие люди стремятся поддерживать здоровый образ жизни и заботиться о своем рационе. В основе нашего проекта лежит глубокий анализ предметной области, которая включает в себя процессы учета продуктов, планирования меню и анализа потребляемой пищи. К основным участникам системы относятся как пользователи (индивидуальные потребители), так и разработчики программного обеспечения, которые будут заниматься её созданием и поддержкой.

На сегодняшний день существует множество решений, однако большинство из них сталкиваются с рядом недостатков, таких как сложность интерфейса, отсутствие интеграции с другими сервисами и низкая адаптивность к потребностям пользователей. [3]. Это создает значительные преграды для пользователей, которые ищут удобные и доступные инструменты для учета питания. Так, платформа 1С известна своей универсальностью и возможностями масштабирования, что даёт возможность создать решение, адаптированное как для индивидуальных пользователей, так и для организаций, занимающихся общественным питанием или доставкой еды.

Особое внимание при проектировании системы уделяется интеграции с современными IT-технологиями. Использование мобильных приложений и облачных сервисов обеспечивает постоянный доступ пользователей к своим данным и позволяет оперативно обновлять информацию о потребляемых продуктах и их калорийности. Клиент-серверная архитектура, реализуемая с помощью 1С, предоставляет гибкую модель взаимодействия, которая позволяет одновременно обслуживать пользователей на различных устройствах без потери производительности и надёжности. [4]. Это особенно актуально для пользователей, предпочитающих управлять своим питанием с помощью мобильных устройств.

Однако существующие решения часто не учитывают потребности пользователей, что приводит к низкой эффективности и удовлетворенности.

Разрабатываемая система будет включать в себя функции учета продуктов, планирования меню и анализа потребления. [5]. Она будет состоять из клиент-серверной архитектуры, где мобильное приложение будет взаимодействовать с серверной частью, реализованной на платформе 1С: Предприятие. Эти функции обеспечат пользователям удобство и доступ к необходимой информации в любое время, что особенно важно в условиях быстрого ритма жизни.

Кроме того, такая система будет способна поддерживать персонализацию — учитывать индивидуальные особенности каждого пользователя, его диетические предпочтения, аллергию или рекомендации врачей. [6]. Это достигается за счет внедрения интеллектуальных модулей, которые анализируют данные о потреблении и предлагают оптимальные решения для улучшения питания. В результате пользователи не просто получают статическую информацию, а получают действенные рекомендации, что значительно повышает ценность системы и способствует улучшению качества их жизни.

В процессе проектирования также необходимо учитывать вопросы безопасности данных, ведь информация о питании и здоровье пользователей является конфиденциальной и требует особого подхода. Платформа 1С обеспечивает высокий уровень защиты, что позволяет гарантировать сохранность и конфиденциальность пользовательских данных, соответствуя современным требованиям законодательства о персональных данных и защите

информации. [7].

Процесс разработки предусматривает поэтапное выполнение задач: от исследования требований целевой аудитории и изучения существующих решений, через проектирование архитектуры и функций, к программной реализации и тестированию, а затем — к успешному внедрению и поддержке пользователей. Немаловажно также обучение конечных пользователей, ведь только при правильном использовании система достигнет ожидаемой эффективности. [8]. В конечном итоге, внедрение такой системы позволит значительно улучшить контроль и учёт питания, повысить удовлетворённость пользователей и снизить риск ошибок, связанных с неправильным рационам или некачественным учётом продуктов.

Эффективность системы будет оцениваться по критериям удобства использования, скорости обработки данных и экономии ресурсов. Ожидается, что новая система значительно улучшит учет питания, снизит количество ошибок и повысит удовлетворенность пользователей, что в свою очередь положительно скажется на их здоровье и качестве жизни. [9].

Таким образом, проектирование системы контроля и учёта питания на платформе 1С: Предприятие — это не просто техническое задание, а стратегически важный шаг в развитии инструментов для здорового образа жизни и эффективного управления ресурсами питания. Благодаря использованию современных технологий и учёту конкретных потребностей пользователей, данное решение может стать ключевым элементом в системе поддержания здоровья и оптимизации пищевого поведения в самых разных сферах — от частных клиентов до крупных предприятий пищевой

индустрии.

Библиографический список

1. Гройлов А. С. Информационные технологии в сфере общественного питания. [Электронный ресурс]. <https://moluch.ru/archive/26/2889/> (дата обращения 23.09.2025).

2. Гарин И. В., Петрова Н. С. Информационные технологии в управлении. Учебное пособие. // М.: Издательство "Финансы и статистика", 2020. С. 78-102.

3. Benyon D. Designing User Experience: A Guide to HCI, UX and Interaction Design. // 3rd ed. Boston: Addison-Wesley, 2014. С. 56-72.

4. Официальная документация 1С: Предприятие. [Электронный ресурс]. <https://its.1c.ru/db/v8321doc> (дата обращения 23.09.2025).

5. Хабибрахманова, А. И. Рекомендательная система для решения задач сбалансированного питания / А. И. Хабибрахманова, А. З. Ялмурзин // МИРОВЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ и ТРАНСФОРМАЦИИ: ТЕОРИИ и ПРАКТИКИ: материалы XII Международной научно-практической

конференции, Рязань, 31 августа 2023 года. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Концепция", 2023. – С. 85-88. – EDN VKKKWX.

6. Сидорова Г. А., Кузнецова И. В. Основы диетологии. Учебник для вузов. // М.: Медицинское издательство, 2019. С. 120-145.

7. Фадеева, Е. С. Инструменты и технологии мобильной разработки на платформе 1С / Е. С. Фадеева, Е. А. Салтанаева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 1(35). – С. 237-241. – EDN BSXKIO.

8. Хасанов, А. У. Автоматизация бизнес-процессов в Интернет-торговле / А. У. Хасанов, Р. М. Хамитов // Интернаука. – 2022. – № 11-1(234). – С. 37-38. – EDN OCOFFZ.

9. Шакиров, А. А. Повышение эффективности бизнес-процессов предприятий с помощью цифровых инструментов платформы 1С / А. А. Шакиров, А. И. Хабибрахманова // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 7(180). – С. 966-972. – DOI 10.34925/EIP.2025.180.7.169. – EDN CWDCAA.

Информация об авторах

Ахтямова Алиса Авзаловна – студент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: akhtyamova04@bk.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

Alisa A. Akhtyamova - student, Kazan State Power Engineering University (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: akhtyamova04@bk.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