

ISSN 2077-6810

ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ

SCIENCE PROSPECTS

№ 7(2021).2026.

Главный редактор

Воронкова О.В.

Редакционная коллегия:

Шувалов В.А.

Алтухов А.И.

Воронкова О.В.

Омар Ларук

Тютюнник В.М.

Беднаржевский С.С.

Чамсутдинов Н.У.

Петренко С.В.

Леванова Е.А.

Осипенко С.Т.

Надточий И.О.

Ду Кунь

У Сунцзе

Даукаев А.А.

Дривотин О.И.

Запивалов Н.П.

Пухаренко Ю.В.

Пеньков В.Б.

Джаманбаев К.К.

Даниловский А.Г.

Иванченко А.А.

Шадрин А.Б.

Снежко В.Л.

Левшина В.В.

Мельникова С.И.

Артюх А.А.

Лифинцева А.А.

Попова Н.В.

Серых А.Б.

Учредитель

**Межрегиональная общественная организация
«Фонд развития науки и культуры»**

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

Системный анализ, управление

и обработка информации

Автоматизация и управление

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА:

Теплоснабжение, вентиляция,

кондиционирование воздуха

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ:

Теория и методика обучения

и воспитания

Профессиональное образование

ТАМБОВ 2026

Журнал «Перспективы науки»
зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС77-37899 от 29.10.2009 г.

Учредитель
Межрегиональная общественная
организация «Фонд развития науки
и культуры»

Журнал «Перспективы науки» входит в
перечень ВАК ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, в которых
должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертации на
соискание ученой степени доктора
и кандидата наук

Главный редактор
О.В. Воронкова

Технический редактор
М.Г. Карина

Редактор иностранного
перевода
Н.А. Гунина

Инженер по компьютерному
макетированию
М.Г. Карина

**Адрес издателя, редакции,
типографии:**
392020, Тамбовская область,
г.о. город Тамбов, г. Тамбов,
ул. Советская, д. 160, кв. 10

Телефон:
8(4752)71-14-18

E-mail:
journal@moofrnk.com

На сайте
<http://moofrnk.com/>
размещена полнотекстовая
версия журнала

Информация об опубликованных
статьях регулярно предоставляется
в систему Российского индекса научного
цитирования (договор № 31-12/09)

Импакт-фактор РИНЦ: 0,528

Экспертный совет журнала

Шувалов Владимир Анатольевич – доктор биологических наук, академик, директор Института фундаментальных проблем биологии РАН, член президиума РАН, член президиума Пущинского научного центра РАН; тел.: +7(496)773-36-01; E-mail: shuvalov@issp.serphukhov.su

Алтухов Анатолий Иванович – доктор экономических наук, профессор, академик-секретарь Отделения экономики и земельных отношений, член-корреспондент Российской академии сельскохозяйственных наук; тел.: +7(495)124-80-74; E-mail: otdeconomika@yandex.ru

Воронкова Ольга Васильевна – доктор экономических наук, профессор, главный редактор, председатель редколлегии, академик РАЕН, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(981)972-09-93; E-mail: journal@moofrnk.com

Омар Ларук – доктор филологических наук, доцент Национальной школы информатики и библиотек Университета Лиона; тел.: +7(912)789-00-32; E-mail: omar.larouk@enssib.fr

Тютюнник Вячеслав Михайлович – доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, директор Тамбовского филиала Московского государственного университета культуры и искусств, президент Международного Информационного Нобелевского Центра, академик РАЕН; тел.: +7(4752)50-46-00; E-mail: vmt@tmb.ru

Беднаржевский Сергей Станиславович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Сургутского государственного университета, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, академик РАЕН и Международной энергетической академии; тел.: +7(3462)76-28-12; E-mail: sbed@mail.ru

Чамсутдинов Наби Уматович – доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской терапии Дагестанской государственной медицинской академии МЗ СР РФ, член-корреспондент РАЕН, заместитель руководителя Дагестанского отделения Российского Респираторного общества; тел.: +7(928)965-53-49; E-mail: nauchdoc@rambler.ru

Петренко Сергей Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математические методы в экономике» Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: +7(4742)32-84-36, +7(4742)22-19-83; E-mail: viola@lipetsk.ru, viola349650@yandex.ru

Леванова Елена Александровна – доктор педагогических наук, профессор кафедры социальной педагогики и психологии, декан факультета переподготовки кадров по практической психологии, декан факультета педагогики и психологии Московского социально-педагогического института; тел.: +7(495)607-41-86, +7(495)607-45-13; E-mail: dekanmospi@mail.ru

Осипенко Сергей Тихонович – кандидат юридических наук, член Адвокатской палаты, доцент кафедры гражданского и предпринимательского права Российского государственного института интеллектуальной собственности; тел.: +7(495)642-30-09, +7(903)557-04-92; E-mail: a.setios@setios.ru

Надточий Игорь Олегович – доктор философских наук, доцент, заведующий кафедрой «Философия» Воронежской государственной лесотехнической академии; тел.: +7(4732)53-70-70, +7(4732)35-22-63; E-mail: in-ad@yandex.ru

Ду Кунь – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и развития сельского хозяйства Института кооперации Циндаоского аграрного университета, г. Циндао (Китай); тел.: +7(960)667-15-87; E-mail: tambovdu@hotmail.com

Экспертный совет журнала

У Сунцзе – кандидат экономических наук, преподаватель Шаньдунского педагогического университета, г. Шаньдун (Китай); тел.: +86(130)21696101; E-mail: qdwucong@hotmail.com

Даукаев Арун Абалханович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии и минерального сырья КНИИ РАН, профессор кафедры «Физическая география и ландшафтоведение» Чеченского государственного университета, г. Грозный (Чеченская Республика); тел.: +7(928)782-89-40

Дривотин Олег Игоревич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории систем управления электрофизической аппаратурой Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)428-47-29; E-mail: drivotin@yandex.ru

Запывалов Николай Петрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН, заслуженный геолог СССР, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск; тел.: +7(383) 333-28-95; E-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras.ru

Пухаренко Юрий Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, член-корреспондент РААСН, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(921)324-59-08; E-mail: tsik@spbgasu.ru

Пеньков Виктор Борисович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Математические методы в экономике» Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: +7(920)240-36-19; E-mail: vbpenkov@mail.ru

Джаманбалин Кадыргали Коныспаевич – доктор физико-математических наук, профессор, ректор Костанайского социально-технического университета имени академика Зулкарнай Алдамжар, г. Костанай (Республика Казахстан); E-mail: pkkstu@mail.ru

Даниловский Алексей Глебович – доктор технических наук, профессор кафедры судовых энергетических установок, систем и оборудования Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)714-29-49; E-mail: agdanilovskij@mail.ru

Иванченко Александр Андреевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)748-96-61; E-mail: IvanchenkoAA@gumrf.ru

Шадрин Александр Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)321-37-34; E-mail: abshadrin@yandex.ru

Снежко Вера Леонидовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии в строительстве» Московского государственного университета природообустройства, г. Москва; тел.: +7(495)153-97-66, +7(495)153-97-57; E-mail: VL_Snejko@mail.ru

Левшина Виолетта Витальевна – доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством и математические методы экономики» Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск; E-mail: violetta@sibstu.krasnoyarsk.ru

Мельникова Светлана Ивановна – доктор искусствоведения, профессор, заведующий кафедрой драматургии и киноведения Института экранных искусств Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(911)925-00-31; E-mail: s-melnikova@list.ru

Артюх Анжелика Александровна – доктор искусствоведения, профессор кафедры драматургии и киноведения Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(911)925-00-31; E-mail: s-melnikova@list.ru

Лифинцева Алла Александровна – доктор психологических наук, доцент Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград; E-mail: aalifintseva@gmail.com

Попова Нина Васильевна – доктор педагогических наук, профессор кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации Гуманитарного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(950)029-22-57; E-mail: ninavaspo@mail.ru

Серых Анна Борисовна – доктор педагогических наук, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой специальных психолого-педагогических дисциплин Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград; тел.: +7(911)451-10-91; E-mail: serykh@baltnet.ru

Содержание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Системный анализ, управление и обработка информации

Алетдинова А.А., Антонянц Е.Н., Беликов И.Ю., Дерезев М.И. Сравнительный анализ сверточных нейронных сетей и визуального трансформера в задаче обнаружения сгенерированных изображений	8
Ангапов В.Д., Кропачев Р.В. Использование методов искусственного интеллекта в управлении микросервисной архитектурой высоконагруженных веб-приложений.....	15
Бороздин Ф.А., Агабубаев А.Т., Темкин И.О., Козлов М.Е. Оценка эффективности процессов жизненного цикла разработки программного обеспечения на основе анализа идентифицируемых информационных объектов.....	21
Борщенко Д.А., Косяков С.В. Архитектурный подход к интеграции интеллектуальной подсистемы дедупликации и консолидации в системы управления нормативно-справочной информацией	30
Гертер Е.А., Кондратьев В.Ю. Анализ и проектирование информационной подсистемы поддержки принятия управленческих решений в работе с клиентскими заказами на примере отдела логистики	38
Гусев А.В., Азаров А.В. Разработка ETL процессов при построении хранилищ данных	43
Дворникова Е.М., Николаева С.В. Разработка аналитического модуля системы выявления зависимостей функционально-технологических показателей.....	48
Дьячкова В.В., Коваленко Е.С. Методика обработки экспертной информации в системе поддержки принятия решений для управления закупками.....	55
Ефимов С.Н., Савенков Н.А. Методы оценки качества ответов чат-ботов.....	59
Копейкин А.А., Добронец Б.С. Информационно-аналитическая система прогнозирования длительности CI/CD-процессов на основе журнала прогнозов и ошибок.....	63
Лобанов А.В., Пысин М.Д., Кольцова Э.М., Архипов А.М. Разработка программных модулей для системы автоматизированного проектирования химико-технологических схем.....	68
Пашаев М.Я. Методы централизованного управления горно-геологическими информационными потоками в моделях месторождений полезных ископаемых	73
Полусмак А.А., Величко А.С. Формализация и многомерный анализ слабоструктурированных данных документов стратегического планирования на основе технологии репертуарных решеток.....	78
Риша Ареж, Косинский М.Ю. Планирование маршрута группы беспилотных аппаратов с использованием гибридного алгоритма оптимизации.....	86
Синюков Д.В., Шамраева Е.О. Нейросетевая демикрояйлизация (депикселизация) исторических фотодокументов	94
Шумачков А.А., Сочнев А.Н. Исследование применения блоков сжатия и возбуждения в нейронной сети U-Net для задачи сегментации дефектов на поверхности материалов.....	99

Автоматизация и управление

Чесалов А.Ю. Методологические основы разработки и применения технологий искусственного интеллекта в решении задач экологической и промышленной безопасности	111
--	-----

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха

- Глазунов Н.А. Подходы к проектированию системы климат-контроля ледового объекта с большой площадью остекления 115

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Теория и методика обучения и воспитания

- Аникина М.А., Бутенко В.Н., Бутенко А.В., Землянова В.В. Связь личностных особенностей с психоэмоциональным состоянием иностранных студентов 120
- Бакланова Н.А. Формирование УУД учащихся в процессе обучения математике с использованием метода проектов 124
- Ван Цзя, Лу Цзинцзин Происхождение китайского праздника Цисицзе: традиционные представления о браке и анализ романской народной культуры 128
- Григорьев Ю.В., Фадеева К.Н. Проблемно-ориентированный анализ результатов пробного ЕГЭ по информатике в условиях цифровой трансформации образования 132
- Загузова С.А., Стрекалов А.С. Специальная подготовка юношей 18–22 лет, занимающихся спортивным туризмом, в соревновательном мезоцикле 137
- Кучкова Л.А., Шредер А.Ю., Кузнецова Н.С., Ушаков А.Г. Особенности проведения занятий по физической культуре со студентами медицинского вуза, имеющими отклонения в состоянии здоровья 143
- Меситский В.С., Салидинов А.Р. Проблемное обучение в тренировочном процессе по регби: формирование тактического мышления у подростков 147
- Мирошниченко Е.Н., Фролова В.П., Никитина О.Л. Инновационные направления преподавания иностранного языка в высшей школе в условиях интеграции технологий искусственного интеллекта и нейросетей 152
- Тарасов А.Е., Разжигаева Н.Ю., Добрянцева А.З., Афанасьева У.А. Биомеханический контроль техники выполнения приседаний со штангой для профилактики травматизма 158
- Шадрина С.Н. Проблемы профессиональной адаптации выпускников к педагогической деятельности 164

Профессиональное образование

- Городова Н.О., Дарбасов А.А., Макзатбек уулу Адилет, Колодезникова С.И. Роль финансового обеспечения в развитии физической культуры в Республике Саха (Якутия) 169
- Ничуразова А.А., Гудилов Я.А., Фирсов А.В. Визуализация технологических процессов как инструмент повышения эффективности обучения сотрудников в легкой промышленности 174
- Самсонова Е.В., Забирова О.Р. Организация дистанционного обучения английскому языку в средней общеобразовательной школе на базе современных ИКТ 178
- Юсупов Б.Д., Калманович В.Л. Формирование самосознания, самоопределения и саморазвития студенческой молодежи средствами национальных физкультурных активностей 183

Contents

INFORMATION TECHNOLOGY

System Analysis, Control and Information Processing

Aletdinova A.A., Antonyants E.N., Belikov I.Yu., Derebezov M.I. Comparative Analysis of Convolutional Neural Networks and Visual Transformer in the Task of Detecting Generated Images.....	8
Angapov V.D., Kropachev R.V. Using Artificial Intelligence Methods in Managing Microservice Architecture of High-Load Web Applications.....	15
Borozdin F.A., Agabubaev A.T., Temkin I.O., Kozlov M.E. Evaluation of the Effectiveness of Software Development Life Cycle Processes Based on the Analysis of Identifiable Information Objects	21
Borshchenko D.A., Kosyakov S.V. An Architectural Approach to Integrating an Intelligent Deduplication and Consolidation Subsystem into Reference Information Management Systems .	30
Gerter E.A., Kondratyev V.Yu. Analysis and Design of an Information Subsystem to Support Management Decisions in Handling Customer Orders Using the Example of the Logistics Department	38
Gusev A.V., Azarov A.V. Developing ETL Processes When Building Data Warehouses.....	43
Dvornikova E.M., Nikolaeva S.V. Development of an Analytical Module for a System for Identifying Dependencies of Functional and Technological Indicators.....	48
Dyachkova V.V., Kovalenko E.S. Methodology for Processing Expert Information in a Decision Support System for Procurement Management	55
Efimov S.N., Savenkov N.A. Methods for Assessing the Quality of Chatbot Responses	59
Kopeikin A.A., Dobronets B.S. An Information and Analytical System for Forecasting the Duration of CI/CD Processes Based on a Forecast and Error Log.....	63
Lobanov A.V., Pysin M.D., Koltsova E.M., Arkhipov A.M. Development of Software Modules for a System for Automated Design of Chemical-Technological Schemes.....	68
Pashaev M.Ya. Methods of Centralized Management of Mining and Geological Information Flows in Models of Mineral Deposits.....	73
Polusmak A.A., Velichko A.S. Formalization and Multidimensional Analysis of Semi-Structured Data from Strategic Planning Documents Based on Repertory Grid Technology	78
Risha Arej, Kosinsky M.Yu. Route Planning for a Group of Unmanned Aerial Vehicles Using a Hybrid Optimization Algorithm	86
Sinyukov D.V., Shamraeva E.O. Neural Network Demicroscopication (Depixelization) of Historical Photographic Documents.....	94
Shumachkov A.A., Sochnev A.N. A Study of the Application of Compression and Excitation Blocks in the U- Net Neural Network for the Task of Segmentation of Defects on the Surface of Materials	99

Automation and Control

Chesalov A.Yu. Methodological Foundations for the Development and Application of Artificial Intelligence Technologies in Solving Environmental and Industrial Safety Problems.....	111
---	-----

Contents

CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Heat Supply, Ventilation, Air Conditioning

Glazunov N.A. Approaches to Designing a Climate Control System for an Ice Facility with a Large Glazing Area.....	115
--	-----

PEDAGOGICAL SCIENCES

Theory and Methods of Training and Education

Anikina M.A., Butenko V.N., Butenko A.V., Zemlyanova V.V. The Relationship Between Personality Traits and the Psycho-Emotional State of International Students.....	120
Baklanova N.A. Formation of Universal Learning Activities of Students in the Process of Teaching Mathematics Using the Project Method.....	124
Wang Jia, Lu Jingjing Qixi Festival : Traditional Marriage Concepts and an Analysis of Roman Folk Culture.....	128
Grigoriev Yu.V., Fadeeva K.N. A Problem-Oriented Analysis of the Results of the Trial Unified State Exam in Computer Science in the Context of the Digital Transformation of Education.....	132
Zaguzova S.A., Strekalov A.S. Special Training of Young Men Aged 18–22 Years Engaged in Sports Tourism in the Competitive Mesocycle	137
Kuchkova L.A., Schreder A.Yu., Kuznetsova N.S., Ushakov A.G. Peculiarities of Conducting Physical Education Classes with Medical Students with Health Problems.....	143
Mesitsky V.S., Salidinov A.R. Problem-based Learning in Rugby Training: Developing Tactical Thinking in Adolescents.....	147
Miroshnichenko E.N., Frolova V.P., Nikitina O.L. Innovative Directions of Foreign Language Teaching in Higher Education in the Context of the Integration of Artificial Intelligence and Neural Network Technologies	152
Tarasov A.E., Razzhigaeva N.Yu., Dobryantseva A.Z., Afanasyeva U.A. Biomechanical Control of Squat Technique with a Barbell for Injury Prevention	158
Shadrina S.N. Problems of Professional Adaptation of Graduates to Teaching Activities	164

Professional Education

Gorodova N.O., Darbasov A.A., Makzatzbek uulu Adilet, Kolodeznikova S.I. The Role of Financial Support in the Development of Physical Culture in the Republic of Sakha (Yakutia) .	169
Nichurazova A.A., Gudilov Ya.A., Firsov A.V. Visualization of Technological Processes as a Tool for Improving the Effectiveness of Employee Training in the Light Industry	174
Samsonova E.V., Zabirova O.R. Organization of Distance Learning of English in a Secondary Comprehensive School Based on Modern ICT.....	178
Yusupov B.D., Kalmanovich V.L. Formation of Self-Awareness, Self-Determination and Self-Development of Student Youth Through National Physical Education Activities	183

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ВИЗУАЛЬНОГО ТРАНСФОРМЕРА В ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ СГЕНЕРИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.А. АЛЕТДИНОВА, Е.Н. АНТОНЯНЦ, И.Ю. БЕЛИКОВ, М.И. ДЕРЕБЕЗОВ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,
г. Новосибирск

Ключевые слова и фразы: визуальный трансформер; генеративные модели; глубокое обучение; классификация изображений; обнаружение сгенерированных изображений; обработка визуальной информации; сверточные нейронные сети; статистическая значимость.

Аннотация: Целью работы является сравнительная оценка эффективности сверточных нейронных сетей (*CNN*) и визуальных трансформеров (*ViT*) при решении задачи автоматического обнаружения изображений, синтезированных генеративными моделями. Задачи исследования включают математическую формализацию задачи обнаружения, дообучение трех архитектур (*ResNet-50*, *EfficientNet-B0*, *ViT-B/16*) на открытом наборе данных, сравнение моделей по точности и по обобщающей способности на независимом наборе данных с проверкой статистической значимости различий, а также оценку вычислительной эффективности. Методами исследования служат глубокое обучение, перенос обучения, вычислительный эксперимент, критерий МакНемара и доверительные интервалы. В результате установлено, что визуальный трансформер статистически значимо (97,16 %) превосходит обе сверточные модели по точности классификации (92,65 % и 92,08 %) и обладает существенным преимуществом в обобщающей способности, тогда как *CNN* сохраняют преимущество по вычислительной эффективности. Полученные результаты позволяют обоснованно выбирать архитектуру детектора с учетом условий его эксплуатации.

Введение

Стремительное развитие генеративных моделей привело к тому, что синтезированные изображения по визуальному качеству практически перестали уступать фотографическим. Современные диффузионные модели, такие как *Stable Diffusion*, а также сервисы *Midjourney* и *DALL·E* позволяют получать фотореалистичные изображения произвольного содержания по текстовому описанию. Широкая доступность подобных инструментов порождает серьезные риски – распространение дезинформации, фальсификацию документов, компрометацию биометрической аутентификации, снижение доверия к визуальной информации. В этих условиях разработка методов автоматической верификации подлинности цифровых изображений

становится одной из актуальных задач обработки информации, а основным инструментом ее решения выступают методы глубокого обучения [6].

К настоящему времени сформировались два взаимодополняющих подхода к обнаружению синтезированных изображений. Первый опирается на анализ низкоуровневых артефактов генерации – спектральных искажений и статистических аномалий высокочастотной составляющей сигнала [2]. Второй подход трактует обнаружение как задачу бинарной классификации средствами глубоких нейронных сетей. В работе [9] показано, что классификатор на основе сверточной нейронной сети (*CNN*), обученный на изображениях единственного генератора, при аугментации способен обнаруживать изображения широкого класса генеративно-

состязательных сетей, однако такие детекторы заметно теряют качество на продукции диффузионных моделей [2]. Для повышения обобщающей способности в [5] предложено строить детектор в признаковом пространстве крупной предобученной модели; применимость компактных *CNN* к данной задаче продемонстрирована в [1]. Развиваются также методы повышения интерпретируемости нейросетевых классификаторов изображений [7] и робастные алгоритмы обработки визуальной информации [3].

Целью исследования является систематическое сопоставление *CNN* и визуальных трансформеров (*ViT*) применительно к обнаружению сгенерированных изображений по комплексу критериев, включающему точность классификации, статистическую значимость различий между моделями, обобщающую способность на незнакомых генеративных моделях и вычислительную эффективность, на основе воспроизводимого вычислительного эксперимента.

Научная новизна работы заключается в статистически обоснованном – с применением критерия МакНемара и доверительных интервалов – количественном сопоставлении сверточных и трансформерных архитектур в задаче обнаружения сгенерированных изображений, включая оценку переносимости моделей на независимый набор данных, а также в сформулированных на этой основе рекомендациях по выбору архитектуры детектора.

Постановка задачи

Пусть задана выборка $D = \{(x_i, y_i)\}$, $i = 1, \dots, N$, где $x_i \in X$ – цифровое изображение, а $y_i \in \{0, 1\}$ – его метка (0 – реальное изображение, 1 – синтезированное генеративной моделью). Требуется построить отображение $f_\theta: X \rightarrow [0, 1]$, где θ – вектор настраиваемых параметров, оценивающее вероятность принадлежности изображения классу синтезированных. Решение принимается по пороговому правилу, согласно которому изображение относится к классу синтезированных при $f_\theta(x) \geq 0,5$. Параметры θ определяются минимизацией функции потерь бинарной перекрестной энтропии:

$$L(\theta) = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i \cdot \ln(p_i) + (1 - y_i) \ln(1 - p_i)], \quad (1)$$

где $p_i = f_\theta(x_i)$ – оценка вероятности, выдаваемая

моделью для i -го изображения.

Качество классификации оценивается долей верных ответов (*Accuracy*), точностью (*Precision*), полнотой (*Recall*), их гармоническим средним (*F1*-мерой) и площадью под *ROC*-кривой (*AUC*), характеризующей разделяющую способность модели; положительным классом при вычислении *Precision*, *Recall* и *F1* считается класс синтезированных изображений. Статистическая значимость различий между моделями проверяется критерием МакНемара для связанных выборок с поправкой на непрерывность:

$$\chi^2 = \frac{(|n_{01} - n_{10}| - 1)^2}{(n_{01} + n_{10})}, \quad (2)$$

где n_{01} – число тестовых изображений, верно классифицированных первой моделью и ошибочно – второй; n_{10} – число изображений с противоположным соотношением. При справедливости нулевой гипотезы о равенстве качества моделей статистика (2) имеет распределение χ^2 с одной степенью свободы; различия признаются значимыми при $p < 0,05$. Дополнительно для долей верных ответов строятся 95 % доверительные интервалы по методу Уилсона.

Сравнительный анализ включал дообучение трех предобученных моделей при едином протоколе, оценку качества на отложенной тестовой выборке с проверкой значимости парных различий, оценку обобщающей способности на независимом наборе данных, не участвовавшем в обучении, и сопоставление вычислительной эффективности.

Исследуемые архитектуры

Модели *CNN* реализуют принцип локальной обработки визуальной информации – значение элемента карты признаков вычисляется сверткой небольшой окрестности входа с обучаемым ядром:

$$z_{ij}^{(k)} = \sigma \left(\sum_{c=1}^C \sum_{m,n} w_{c,mn}^{(k)} x_{c,i+m,j+n} + b^{(k)} \right), \quad (3)$$

где x – входной тензор; $w^{(k)}$ и $b^{(k)}$ – веса и смещение k -го фильтра; σ – нелинейная функция активации; C – число входных каналов.

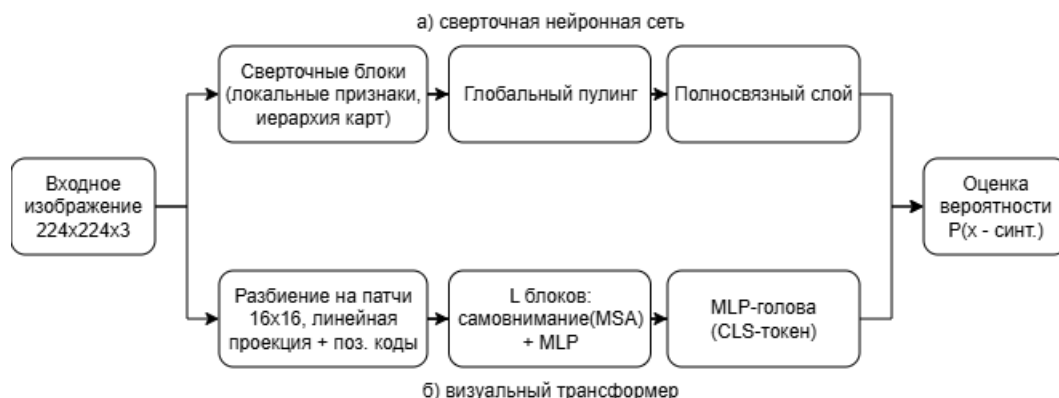


Рис. 1. Обобщенные схемы обработки изображения сверточной нейронной сетью (а) и визуальным трансформером (б)

Чередование сверточных слоев и операций субдискретизации формирует иерархию признаков – от локальных текстур к семантически значимым структурам. Индуктивные смещения *CNN*, локальность и трансляционная инвариантность обеспечивают высокую эффективность обучения, однако рецептивное поле расширяется лишь постепенно, с ростом глубины сети. В качестве представителей класса *CNN* выбраны *ResNet-50* – классическая остаточная архитектура, широко используемая в качестве эталона в задачах классификации [4], и *EfficientNet-B0* – компактная модель, полученная методом составного масштабирования [8].

Визуальный трансформер обрабатывает изображение принципиально иначе [10]. Изображение разбивается на неперекрывающиеся патчи 16×16 пикселей, каждый из которых линейно проецируется в вектор фиксированной размерности; к последовательности добавляются позиционные коды и классификационный токен. Последовательность обрабатывается стекком блоков трансформера, ядром которых является механизм многоголового самовнимания:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax} \left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}} \right) V, \quad (4)$$

где Q, K, V – матрицы запросов, ключей и значений, получаемые линейными преобразованиями входной последовательности; d_k – размерность ключей.

Самовнимание позволяет каждому патчу уже на первом слое агрегировать информацию

со всего изображения, то есть модель изначально оперирует глобальным контекстом. В эксперименте в качестве представителя трансформерных архитектур использована базовая модель *ViT-B/16* [10]. Обобщенные схемы обработки изображения сетями двух классов приведены на рис. 1.

Различие индуктивных смещений дает основания ожидать, что признаки *ViT*, формируемые с учетом глобального контекста, менее привязаны к артефактам конкретных генераторов и потому лучше переносятся на изображения незнакомых источников.

Данные и методика эксперимента

Набором для обучения нейросетевых архитектур послужил открытый набор *AI Generated Images vs Real Images* с платформы *Kaggle*, содержащий 60 000 изображений, из которых 30 000 являются реальными фотографиями и 30 000 синтезированы современными генеративными моделями (*Stable Diffusion*, *Midjourney*, *DALL-E*). Набор разделен на обучающую и тестовую части в соотношении 80/20 со стратификацией по классам; из обучающей части дополнительно выделялась валидационная подвыборка объемом 10 % для контроля обучения и выбора лучшей модели. Тематика изображений охватывает людей, животных, пейзажи, архитектуру и произведения искусства.

Обобщающая способность моделей оценивалась на независимом контрольном наборе данных *AI vs Real Images* платформы *Kaggle* объемом 995 изображений (745 реальных и 250

Таблица 1. Характеристики исследуемых моделей и время инференса
(пакет из одного изображения)

Модель	Класс	Число параметров, млн	Сложность, GFLOPs	Время инференса, мс
<i>ResNet-50</i>	<i>CNN</i>	23,5	4,1	6,3
<i>EfficientNet-B0</i>	<i>CNN</i>	4,0	0,4	7,5
<i>ViT-B/16</i>	<i>ViT</i>	85,8	17,6	9,8

Таблица 2. Показатели качества классификации на тестовой выборке основного набора данных, %

Модель	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1</i>	<i>AUC</i>
<i>ResNet-50</i>	92,65	94,38	90,70	92,50	97,98
<i>EfficientNet-B0</i>	92,08	93,32	90,63	91,96	97,28
<i>ViT-B/16</i>	97,16	97,29	97,02	97,15	99,62

сгенерированных), сформированном из иных источников и с участием иных генеративных моделей; изображения этого набора не представлялись моделям на этапе обучения. Преобладание реального класса в этом наборе учитывалось при интерпретации *F1*-меры.

Все модели инициализировались весами, предобученными на наборе *ImageNet*, и дообучались целиком при едином протоколе. Использовались оптимизатор *AdamW* с начальной скоростью обучения $5 \cdot 10^{-5}$ и коэффициентом регуляризации весов 0,01, косинусное расписание скорости обучения, размер мини-пакета 64 и пять эпох обучения с функцией потерь (1). Изображения приводились к разрешению 224×224 пикселя (масштабирование по меньшей стороне, вырезка случайного при обучении или центрального при тестировании фрагмента); при обучении применялось случайное горизонтальное отражение, нормировка – по статистикам *ImageNet*. Для тестирования использовалась версия модели с наилучшей точностью на валидационной подвыборке; начальное значение генератора псевдослучайных чисел фиксировалось. Эксперименты выполнялись на графическом ускорителе *NVIDIA Tesla P100* (16 ГБ); программная реализация выполнена на языке *Python* с применением библиотек *PyTorch*, *timm*, *scikit-learn*.

Результаты и обсуждение

Характеристики исследуемых моделей и

экспериментально полученное время инференса приведены в табл. 1.

Основные результаты классификации на тестовой выборке основного набора данных представлены в табл. 2.

Наилучший результат показал визуальный трансформер *ViT-B/16* – 97,16 % верных ответов, тогда как обе сверточные модели остановились на уровне около 92 % (*ResNet-50* – 92,65 %, *EfficientNet-B0* – 92,08 %). Превосходство *ViT-B/16* над лучшей сверточной моделью составляет 4,51 процентного пункта. *ViT-B/16* демонстрирует 95-процентный доверительный интервал доли верных ответов 96,85–97,44 %, тогда как у *ResNet-50* этот интервал составляет 92,17–93,10 %. Отсутствие перекрытия между ними свидетельствует о неслучайном характере различий. В то же время интервалы двух сверточных моделей (92,17–93,10 % и 91,58–92,54 %) перекрываются, поэтому значимость их расхождения требует отдельной проверки (табл. 3). Значения *AUC* у всех моделей высоки (97,3–99,6 %), а близость точности и полноты указывает на отсутствие систематического смещения ошибок.

Результаты попарной проверки значимости приведены в табл. 3, где для каждой пары моделей указаны величины n_{01} и n_{10} из формулы (2) и достигаемый уровень значимости p .

Различие между *ViT-B/16* и каждой из сверточных моделей значимо на уровне $p < 0,001$. Трансформер верно классифицирует 681 изображение, ошибочно отнесенное *ResNet-50*,

Таблица 3. Попарное сравнение моделей по критерию МакНемара на тестовой выборке

Сравниваемая пара	n_{01}	n_{10}	p
<i>ViT-B/16</i> – <i>ResNet-50</i>	681	140	< 0,001
<i>ViT-B/16</i> – <i>EfficientNet-B0</i>	757	147	< 0,001
<i>ResNet-50</i> – <i>EfficientNet-B0</i>	538	469	0,032

Таблица 4. Показатели качества на независимом контрольном наборе данных, %

Модель	<i>Accuracy</i>	<i>F1</i>	<i>AUC</i>
<i>ResNet-50</i>	84,6	75,2	95,3
<i>EfficientNet-B0</i>	79,8	69,1	90,7
<i>ViT-B/16</i>	88,1	79,8	96,5

и лишь в 140 случаях уступает ему; для пары с *EfficientNet-B0* соотношение составляет 757 к 147. Различие двух сверточных моделей также оказывается статистически значимым ($p = 0,032$), несмотря на перекрытие их доверительных интервалов, – критерий МакНемара учитывает совпадение ответов на каждом изображении и потому чувствительнее сопоставления интервалов, построенных для моделей по отдельности. Таким образом, превосходство трансформера на тестовой выборке не объясняется случайной изменчивостью данных.

Показатели качества на независимом контрольном наборе приведены в табл. 4.

При переносе на независимый набор качество всех моделей ожидаемо снижается, что отражает известную проблему привязки детекторов к особенностям генераторов, представленных в обучающей выборке [2; 9]. Наивысшую долю верных ответов на независимом наборе сохраняет *ViT-B/16* – 88,1 %, тогда как у *ResNet-50* 84,6 % и у *EfficientNet-B0* 79,8 %; по площади под *ROC*-кривой преимущество трансформера также устойчиво (96,5 % у *ViT*, 95,3 и 90,7 % у *CNN*). Сильнее всего деградирует *EfficientNet-B0*, теряющая 12,3 п.п., тогда как снижение у *ViT-B/16* и *ResNet-50* сопоставимо (9,0 и 8,0 п.п.). Преимущество *ViT-B/16* сохраняет статистическую значимость и на независимом наборе ($p = 0,003$ в сравнении с *ResNet-50* и $p < 0,001$ в сравнении с *EfficientNet-B0*). Пониженные значения *F1*-меры объясняются преобладанием реального класса во внешнем наборе. Результат согласуется с [5], где признаки

трансформерных моделей показали наибольшую переносимость между генераторами.

Обратной стороной преимуществ трансформера является вычислительная стоимость. *ViT-B/16* превосходит *ResNet-50* в 3,7 раза по числу параметров и в 4,3 раза по вычислительной сложности, а время его инференса на 56 % больше (табл. 1). Среди сверточных моделей наилучшее сочетание скорости и качества дает *ResNet-50*, тогда как *EfficientNet-B0* при наименьшем числе параметров не является самой быстрой моделью и хуже других обобщается на внешний набор.

Таким образом, при обработке потоков изображений в реальном времени и при ограниченных вычислительных ресурсах оправдано применение сверточных сетей, тогда как при экспертном анализе подлинности изображений, где определяющими являются достоверность решения и работа с материалом заранее неизвестных генераторов, предпочтителен визуальный трансформер.

Заключение

Выполнен сравнительный анализ сверточных нейронных сетей (*ResNet-50*, *EfficientNet-B0*) и визуального трансформера (*ViT-B/16*) в задаче обнаружения изображений, синтезированных генеративными моделями. Основные результаты состоят в следующем.

1. В пределах распределения обучающих данных визуальный трансформер *ViT-B/16* обеспечивает долю верных ответов 97,16 %, ста-

статистически значимо (по критерию МакНемара, $p < 0,001$) превосходя обе сверточные модели, качество которых составляет около 92 %; таким образом, разрыв между трансформером и сверточными сетями достигает 4,5–5 процентных пунктов.

2. Преимущество трансформера сохраняется при переносе на независимый набор данных, где *ViT-B/16* (88,1 %) достигает наивысшей доли верных ответов (84,6 % у *ResNet-50* и 79,8 % у *EfficientNet-B0*), что делает его предпочтительным при работе с изображениями заранее неизвестных генераторов.

3. Сверточные сети сохраняют преимущество в вычислительной эффективности и остаются рациональным выбором для систем реального времени и устройств с ограниченными ресурсами; среди них наилучшее сочетание

скорости и качества показывает *ResNet-50*.

Научная новизна результатов определяется статистически обоснованным характером сопоставления архитектур (критерий МакНемара, доверительные интервалы) и количественной оценкой переносимости моделей на независимый набор данных; практическая значимость состоит в сформулированных рекомендациях по выбору архитектуры детектора.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются оценка устойчивости детекторов к сжатию и постобработке изображений, построение гибридных схем, объединяющих локальные признаки *CNN* с глобальным контекстом трансформеров, и применение методов объяснимого искусственного интеллекта для интерпретации решений детектора.

Литература

1. Bird, J.J. CIFAKE: Image Classification and Explainable Identification of AI-Generated Synthetic Images / J.J. Bird, A. Lotfi // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 15642–15650. – DOI: 10.1109/access.2024.3356122. – EDN: FRUFDF.
2. Corvi, R. On the detection of synthetic images generated by diffusion models / R. Corvi, D. Cozzolino, G. Zingarini, G. Poggi, K. Nagano, L. Verdoliva // ICASSP 2023-2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – IEEE, 2023. – P. 1–5. – DOI: 10.1109/ICASSP49357.2023.10095167.
3. Diyazitdinova, A.A. Interactive Image Processing for Robust Geometric Primitives Recognition / A.A. Diyazitdinova // Proceedings of Telecommunication Universities. – 2025. – Vol. 11. – No. 2. – P. 41–48. – DOI: 10.31854/1813-324X-2025-11-2-41-48. – EDN: SCTROE.
4. He, K. Deep residual learning for image recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016. – P. 770–778. – DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.
5. Ojha, U. Towards universal fake image detectors that generalize across generative models / U. Ojha, Y. Li, Y.J. Lee // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2023. – P. 24480–24489. – DOI: 10.1109/CVPR52729.2023.02345.
6. Rombach, R. High-resolution image synthesis with latent diffusion models / R. Rombach, A. Blattmann, D. Lorenz, P. Esser, B. Ommer // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – P. 10684–10695. – DOI: 10.1109/CVPR52688.2022.01042.
7. Selvaraju, R.R. Grad-CAM: visual explanations from deep networks via gradient-based localization / R.R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh, D. Batra // International Journal of Computer Vision. – 2020. – Vol. 128. – No. 2. – P. 336–359. – DOI: 10.1007/s11263-019-01228-7. – EDN: RSJNRS.
8. Tan, M. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks / M. Tan, Q. Le // International conference on machine learning. – PMLR, 2019. – P. 6105–6114.
9. Wang, S.Y. CNN-generated images are surprisingly easy to spot... for now / S.Y. Wang, O. Wang, R. Zhang, A. Owens, A.A. Efros // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition, 2020. – P. 8695–8704. – DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.00872.
10. Wang, Y. Not All Images are Worth 16x16 Words: Dynamic Transformers for Efficient Image Recognition / Y. Wang, R. Huang, S. Song, Z. Huang, G. Huang // Advances in neural information processing systems. – 2021. – Vol. 34. – P. 11960–11973.
11. Истратова, Е.Е. Разработка информационной системы для сбора и обработки Big Data в стро-

ительстве / Е.Е. Истратова, Д.Д. Син, К.Б. Строкин // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2020. – № 5(128). – С. 29–35. – EDN: LREFPM.

References

11. Istratova, E.E. Razrabotka informatsionnoj sistemy dlya sbora i obrabotki Big Data v stroitelstve / E.E. Istratova, D.D. Sin, K.B. Strokin // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2020. – № 5(128). – S. 29–35. – EDN: LREFPM.

© А.А. Алетдинова, Е.Н. Антонянц, И.Ю. Беликов, М.И. Дребезов, 2026

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

В.Д. АНГАПОВ, Р.В. КРОПАЧЕВ

Digital IQ, г. Бока Ратон (США)
PrintProHome, г. Пхукет (Тайланд)

Ключевые слова и фразы: искусственный интеллект (ИИ); микросервисная архитектура; высоконагруженные веб-приложения; машинное обучение; прогнозирование нагрузки.

Аннотация: В статье рассматривается применение методов искусственного интеллекта для управления микросервисной архитектурой высоконагруженных веб-приложений. Проанализированы существующие подходы к управлению микросервисами и выявлены их ограничения при работе с большими потоками данных и высокой степенью распределенности. Предложено использование моделей машинного обучения для прогнозирования нагрузки, обнаружения аномалий и оптимизации распределения ресурсов. Показано, что внедрение интеллектуальных методов позволяет повысить отказоустойчивость, снизить задержки и обеспечить более эффективное использование вычислительных ресурсов в сложных распределенных системах.

Рост объема данных привел к усложнению архитектуры веб-приложений и переходу к микросервисной архитектуре, обеспечивающей гибкость, масштабируемость и отказоустойчивость. Более 70 % крупных компаний уже используют или планируют внедрение микросервисов, а нагрузка на такие системы ежегодно растет на 20–30 %.

Параллельно развиваются технологии ИИ. Важным этапом стало появление архитектуры *Transformer* в 2017 г., которая стала основой для современных интеллектуальных моделей. Развитие *GPT*, *BERT* и интеллектуальных помощников подтвердило эффективность применения ИИ для решения прикладных задач (рис. 1).

Эти технологические тенденции привели к появлению автономных интеллектуальных систем, способных принимать решения без участия человека. Более 50 % компаний уже используют элементы агентского ИИ, а к 2028 г. до 33 % корпоративных приложений будут включать автономные компоненты. Это открывает возможности интеграции ИИ в управление микросервисной архитектурой для оперативно реагирования на нагрузку, выявления анома-

лий и оптимизации ресурсов. В таких условиях актуально применение ИИ для управления высоконагруженными веб-приложениями. Цель статьи – исследовать возможности интеллектуальных методов для повышения эффективности распределенных сервисов, их влияния на производительность, отказоустойчивость и адаптивность. Практическая значимость заключается в обосновании подходов к интеллектуализации мониторинга, оркестрации и масштабированию микросервисов, что повышает устойчивость системы и снижает эксплуатационные расходы.

Основная часть исследования опирается на анализ современных источников и достижений в области ИИ и микросервисных архитектур. Учеными работами А.М. Токторбаева, Ж.Э. Токтомураевой [2] по применению ИИ в веб-разработке; А.Е. Колесникова, Т.В. Мартыненко, Е.А. Шуватовой [3] – методы оптимизации микросервисов; С.М. Горбунова, В.В. Становова [4] – многокритериальная оптимизация и модели машинного обучения; Е.Ф. Моргунова, А.Н. Алфимцева [5] – мультиагентные микросервисы; А.С. Благодельского [6], Р.М. Асадулина, Я.К. Копылова [7], А.Н. Новикова [8] в



Рис. 1. Эволюция приложений на базе ИИ

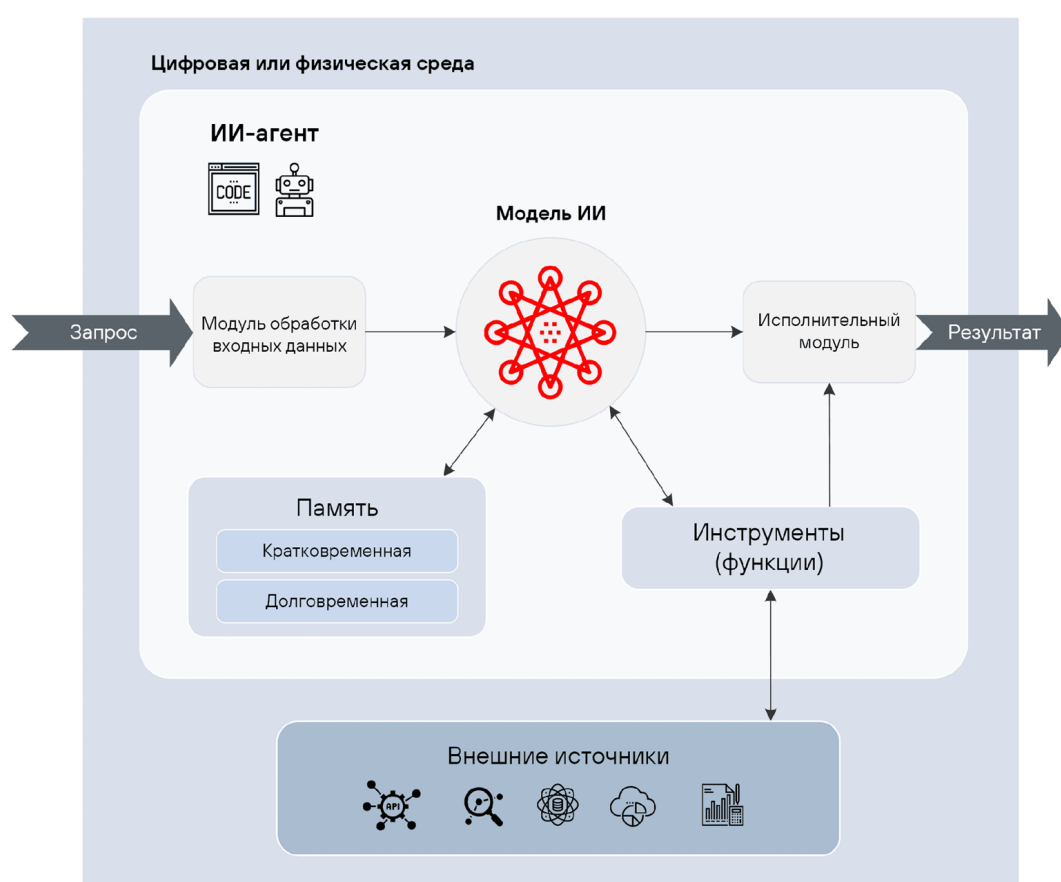


Рис. 2. Основные модули современного ИИ-агента

практическом использовании ИИ в веб-среде. Анализ показал, что интеграция ИИ повышает эффективность, адаптивность и устойчивость высоконагруженных веб-приложений.

Современные веб-приложения отличаются высокой распределенностью, динамикой нагрузки и требованием непрерывной доступности. Микросервисная архитектура эффек-

тивна для масштабируемости, но управление многочисленными компонентами и традиционные статические методы оказываются недостаточными при резких изменениях нагрузки и росте объемов данных. Ключевыми задачами управления являются оркестрация сервисов, балансировка нагрузки, мониторинг и обеспечение отказоустойчивости, при этом классиче-

Таблица 1. Сравнительный анализ подходов к управлению микросервисной архитектурой

Критерий	Традиционные методы	Интеллектуальные методы (ИИ)
Принцип управления и принятия решений	Основан на заранее заданных правилах, статических порогах и сценариях масштабирования, формируемых администратором без учета полной динамики системы	Основан на моделях машинного обучения, способных выявлять закономерности в данных, учитывать контекст и автоматически формировать решения в реальном времени
Реакция на изменение нагрузки	Реактивная – система масштабируется после возникновения перегрузки, что приводит к временным просадкам производительности	Проактивная: используется прогнозирование нагрузки, позволяющее заранее подготовить ресурсы и избежать деградации сервиса
Учет взаимосвязей сервисов	Ограниченный – взаимодействие микросервисов учитывается частично или задается вручную, что усложняет управление при росте системы	Комплексный: анализируются зависимости между сервисами, формируется граф взаимодействий, учитывающий влияние одного компонента на другие
Обнаружение аномалий и сбоев	Реализуется через фиксированные пороговые значения метрик, что не позволяет выявлять сложные и скрытые отклонения	Используются интеллектуальные методы анализа (кластеризация, автоэнкодеры), позволяющие выявлять нетипичное поведение даже при отсутствии явных признаков
Оптимизация использования ресурсов	Выполняется локально и по простым метрикам (<i>CPU</i> , <i>RAM</i>), часто приводит к избыточному резервированию ресурсов	Реализуется как многокритериальная задача с учетом нагрузки, задержек, стоимости и <i>SLA</i> , обеспечивая более эффективное распределение ресурсов
Адаптивность и самообучение	Отсутствует – система требует постоянного участия администратора для корректировки параметров	Присутствует – модели обучаются на накопленных данных и адаптируются к изменению поведения системы и внешних условий
Эксплуатационная эффективность	С увеличением масштаба системы возрастает сложность управления, увеличиваются затраты на поддержку	Обеспечивается автоматизация процессов управления, снижение операционных затрат и повышение устойчивости системы

ские сценарии масштабирования не учитывают сложную нелинейную динамику. Следовательно, необходим переход к интеллектуальным методам управления, способным адаптироваться к условиям работы системы. На рис. 2 показана обобщенная структура ИИ-агента с модулями обработки запроса, работы модели, использования памяти и взаимодействия с внешними источниками, иллюстрирующая автономность и адаптивность ИИ в управлении микросервисными веб-приложениями.

В табл. 1 представлено сравнение традиционных и интеллектуальных подходов к управлению микросервисной архитектурой, позволяющее наглядно оценить их различия по ключевым характеристикам.

Как видно, интеллектуальные методы эффективны при высокой нагрузке и сложной архитектуре. Ключевое направление применения ИИ – прогнозирование нагрузки, где модели машинного обучения учитывают исторические данные, временные зависимости и внешние факторы, позволяя реализовать упреждающее

масштабирование ресурсов и предотвращать перегрузки. Методы анализа временных рядов и нейросети выявляют скрытые закономерности работы системы. Также важным является обнаружение аномалий в микросервисах: в отличие от традиционных фиксированных порогов, ИИ выявляет нетипичное поведение без заранее заданных правил, что особенно важно для распределенных систем. В табл. 2 показаны основные направления применения ИИ в управлении микросервисной архитектурой.

Внедрение ИИ в управление микросервисной архитектурой обеспечивает переход от реактивной модели к проактивной. Это повышает устойчивость и производительность системы, снижает эксплуатационные затраты за счет автоматизации и оптимизации управления. В табл. 3 приведены практические рекомендации по выбору интеллектуальных решений для высоконагруженных веб-приложений с учетом отказоустойчивости и эффективности использования ресурсов.

Совокупность представленных рекоменда-

Таблица 2. Направления применения искусственного интеллекта в управлении микросервисами

Направление	Методы и модели ИИ	Решаемые задачи и используемые данные	Практический эффект внедрения
Прогнозирование нагрузки	Модели временных рядов (<i>LSTM</i> , <i>ARIMA</i> , <i>Transformer</i>), регрессионные алгоритмы	Анализ исторических данных о трафике, сезонных колебаний и пользовательской активности для прогнозирования будущих пиков нагрузки	Обеспечение упреждающего масштабирования, снижение вероятности перегрузок и простоев системы
Обнаружение аномалий	Автоэнкодеры, кластеризация, методы выявления выбросов	Анализ логов, метрик и трассировок для выявления отклонений от нормального поведения микросервисов	Раннее обнаружение сбоев и предотвращение критических отказов
Интеллектуальная оркестрация и балансировка	Обучение с подкреплением, графовые модели, эвристические алгоритмы	Оптимальное распределение запросов и размещение сервисов с учетом текущего состояния инфраструктуры и зависимостей компонентов	Снижение задержек, повышение производительности и равномерная загрузка ресурсов
Управление ресурсами	Байесовская оптимизация, генетические алгоритмы, многокритериальная оптимизация	Оптимизация использования вычислительных ресурсов (<i>CPU</i> , память, сеть) на основе текущей и прогнозной нагрузки	Снижение затрат на инфраструктуру при сохранении требуемого уровня качества сервиса
Диагностика и анализ сбоев	Методы машинного обучения и обработки естественного языка	Анализ журналов событий и сообщений об ошибках для выявления причин отказов и узких мест системы	Сокращение времени восстановления (<i>MTTR</i>) и повышение надежности системы
Автоматизация <i>DevOps</i> и управления	ИИ-агенты, интеллектуальные системы принятия решений	Автоматизация процессов развертывания, масштабирования и управления жизненным циклом микросервисов	Снижение трудозатрат, повышение скорости внедрения изменений и стабильности работы

Таблица 3. Практические рекомендации по выбору и применению методов ИИ в управлении микросервисной архитектурой

Условие применения / тип системы	Рекомендуемые методы ИИ	Особенности внедрения	Ожидаемый практический результат
Системы с высокой и неравномерной нагрузкой (пики трафика, сезонность)	Модели прогнозирования временных рядов (<i>LSTM</i> , <i>Transformer</i>)	Требуется накопление исторических данных и регулярное дообучение моделей с учетом сезонных факторов	Снижение перегрузок, обеспечение стабильной работы при пиковых нагрузках, повышение доступности сервисов
Распределенные микросервисные системы с большим числом взаимосвязей	Графовые модели, обучение с подкреплением	Необходима формализация зависимостей между сервисами и интеграция с системой оркестрации (например, <i>Kubernetes</i>)	Оптимизация размещения сервисов, снижение межсервисных задержек, повышение общей производительности
Частые изменения конфигурации и динамичная среда разработки (<i>DevOps</i>)	ИИ-агенты, <i>AutoML</i> , интеллектуальные системы принятия решений	Требуется интеграция с <i>CI/CD</i> пайплайнами и системами управления версиями	Автоматизация развертывания, снижение количества ошибок, ускорение выпуска обновлений
Большие объемы логов и сложная диагностика сбоев	<i>NLP</i> -модели, <i>LLM</i>	Необходима предварительная обработка логов и формирование обучающих выборок	Ускорение анализа инцидентов, выявление причин сбоев, снижение <i>MTTR</i>
Системы с высокими требованиями к <i>SLA</i> и пользовательскому опыту	Комплексные <i>ML</i> -модели (прогнозирование + оптимизация)	Требуется интеграция с системой мониторинга <i>SLA</i> и пользовательских метрик	Повышение качества обслуживания, снижение задержек, выполнение <i>SLA</i>

ций позволяет обосновать выбор конкретных методов искусственного интеллекта в зависимости от архитектурных особенностей системы и требований к ее функционированию, обеспечивая эффективное внедрение интеллектуальных механизмов управления в микросервисную среду.

Исследование показало, что традиционные методы управления микросервисами не справляются с ростом сложности и нагрузки. Применение ИИ (машинного обучения, анализа временных рядов и мультиагентных подходов) позволяет прогнозировать нагрузку, выявлять аномалии и оптимизировать ресурсы, повышая устойчивость системы и снижая затраты. Совокупность вышеизложенных результатов позволяет сформулировать следующие основные выводы.

1. Установлено, что традиционные методы управления микросервисной архитектурой обладают ограниченной эффективностью в условиях высокой нагрузки и требуют перехода к

интеллектуализированным подходам.

2. Доказано, что применение методов искусственного интеллекта обеспечивает повышение адаптивности системы за счет использования прогнозных моделей и анализа больших данных.

3. Выявлено, что интеграция интеллектуальных алгоритмов позволяет существенно повысить отказоустойчивость и сократить время реагирования на инциденты.

4. Обосновано, что использование методов оптимизации и обучения с подкреплением способствует более эффективному распределению вычислительных ресурсов и снижению эксплуатационных затрат.

5. Определено, что внедрение ИИ в процессы управления микросервисной архитектурой является перспективным направлением развития высоконагруженных веб-приложений, обеспечивающим их устойчивое и эффективное функционирование в условиях цифровой трансформации.

Литература

1. Новые технологии в искусственном интеллекте: тренды и прогнозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/3TKvqm>.
2. Токторбаев, А.М. Роль искусственного интеллекта в создании веб-сайтов / А.М. Токторбаев, Ж.Э. Токтомураева // Бюллетень науки и практики. – 2025. – № 1. – С. 78–83. – DOI: 10.33619/2414-2948/110/12. – EDN: MZEXBY.
3. Колесников, А.Е. Сравнительный анализ суррогатно-ассистированных методов оптимизации микросервисных архитектур на основе интегрального критерия эффективности / А.Е. Колесников, Т.В. Мартыненко, Е.А. Шуватова // Проблемы искусственного интеллекта. – 2026. – № 1. – С. 159–167. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-159-167. – EDN: SANNUO.
4. Горбунов, С.М. Эволюционный алгоритм многокритериальной оптимизации с суррогатными моделями машинного обучения / С.М. Горбунов, В.В. Становов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. – 2025. – № 2(151). – С. 4. – EDN: UESOLZ.
5. Моргунов, Е.Ф. Мультиагентная микросервисная архитектура / Е.Ф. Моргунов, А.Н. Алфимцев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. – 2025. – № 2(151). – С. 6. – EDN: TPNAZR.
6. Благодельский, А.С. Применение искусственного интеллекта в фронтенд-разработке: от теории к практике / А.С. Благодельский // Вестник науки. – 2024. – № 5(74). – С. 1066–1080. – EDN: HJAFE.
7. Асадуллин, Р.М. Использование технологий искусственного интеллекта в администрировании веб-сайтов / Р.М. Асадуллин, Я.К. Копылов // Вестник науки. – 2026. – № 1(94). – С. 1011–1016. – EDN: JPPMHS.
8. Новиков, А.Н. Применение искусственного интеллекта в процессе разработки и управления цифровыми продуктами / А.Н. Новиков // Вестник науки. – 2024. – № 4(73). – С. 416–425. – EDN: BFWSWK.

References

1. Novye tekhnologii v iskusstvennom intellekte: trendy i prognozy [Electronic resource]. – Access

mode : <https://clck.ru/3TKvqm>.

2. Toktorbaev, A.M. Rol iskusstvennogo intellekta v sozdanii veb-sajtov / A.M. Toktorbaev, ZH.E. Toktomuratova // Byulleten nauki i praktiki. – 2025. – № 1. – S. 78–83. – DOI: 10.33619/2414-2948/110/12. – EDN: MZEXBY.

3. Kolesnikov, A.E. Sravnitelnij analiz surrogatno-assistirovannykh metodov optimizatsii mikroservisnykh arkhitektur na osnove integralnogo kriteriya effektivnosti / A.E. Kolesnikov, T.V. Martynenko, E.A. SHuvatova // Problemy iskusstvennogo intellekta. – 2026. – № 1. – S. 159–167. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-159-167. – EDN: SANNUO.

4. Gorbunov, S.M. Evolyutsionnij algoritm mnogokriterialnoj optimizatsii s surrogatnymi modelyami mashinnogo obucheniya / S.M. Gorbunov, V.V. Stanovov // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya: Priborostroenie. – 2025. – № 2(151). – S. 4. – EDN: UESOLZ.

5. Morgunov, E.F. Multiagentnaya mikroservisnaya arkhitektura / E.F. Morgunov, A.N. Alfimtsev // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya: Priborostroenie. – 2025. – № 2(151). – S. 6. – EDN: TPNAZP.

6. Blagodelskij, A.S. Primenenie iskusstvennogo intellekta v frontend-razrabotke: ot teorii k praktike / A.S. Blagodelskij // Vestnik nauki. – 2024. – № 5(74). – S. 1066–1080. – EDN: HIJAFE.

7. Asadullin, R.M. Ispolzovanie tekhnologij iskusstvennogo intellekta v administrirovanii veb-sajtov / R.M. Asadullin, YA.K. Kopylov // Vestnik nauki. – 2026. – № 1(94). – S. 1011–1016. – EDN: JPPMHS.

8. Novikov, A.N. Primenenie iskusstvennogo intellekta v protsesse razrabotki i upravleniya tsifrovymi produktami / A.N. Novikov // Vestnik nauki. – 2024. – № 4(73). – S. 416–425. – EDN: BFWSWK.

© В.Д. Ангапов, Р.В. Кропачев, 2026

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИДЕНТИФИЦИРУЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ф.А. БОРОЗДИН¹, А.Т. АГАБУБАЕВ¹, И.О. ТЕМКИН¹, М.Е. КОЗЛОВ²

¹ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»;

² ООО «Резолют» (ГК «Астра»),
г. Москва

Ключевые слова и фразы: жизненный цикл разработки программного обеспечения; оценка эффективности процессов; системная теория информации; мера ценности информации; информативность; атрибуты артефактов; классификация факторов; трудозатраты; запрос на слияние.

Аннотация: В условиях растущих требований к качеству программного обеспечения процессы его жизненного цикла усложняются, а рост сопроводительной информации увеличивает трудозатраты участников, не всегда повышая качество результата; традиционное расширение системы метрик контроля эту проблему не решает. Целью исследования является разработка метода количественной оценки эффективности процессов жизненного цикла разработки программного обеспечения, позволяющего выявлять и устранять избыточные элементы процесса без снижения качества и функциональной целостности результата. Выдвинута гипотеза о том, что вклад отдельных атрибутов артефактов в исход процесса различается и поддается количественной оценке, а часть атрибутов не несет различающей информации, поэтому их исключение вместе с порождающими практиками снижает трудозатраты без потери функциональной целостности процесса. Для проверки гипотезы решены задачи: формализовать процесс на уровне атрибутов артефактов в иерархии «процесс – практика – артефакт – атрибут»; оценить информативность, различимость и полезность каждого атрибута с учетом трудозатрат; классифицировать атрибуты и сформировать сокращенную конфигурацию процесса; апробировать метод на реальном процессе. В качестве методов использованы мера ценности информации А.А. Харкевича в обобщении Е.В. Луценко (системная теория информации), расчет информативности атрибутов относительно классов исходов и интегрального показателя эффективности как отношения полезности к трудозатратам. Метод апробирован на процессе запроса на слияние (платформы *GitFlic* и *Teamstorm*) по выборке из 100 наблюдений с четырьмя классами исходов и 14 факторами. В результате выявлены атрибуты, не несущие различающей информации и существенно не влияющие на целевой результат; исключение избыточных факторов и связанных с ними практик позволило сократить трудозатраты на экземпляр процесса без потери его функциональной целостности. Показано, что метод позволяет количественно разделять факторы по их вкладу в исход и формировать конфигурации процесса с пониженной трудоемкостью.

В условиях растущих требований к качеству и технологичности программного обеспечения (ПО) командам разработки все сложнее обеспечивать стабильную поставку продукта, соответствующего рыночным стандартам [9]. Процессы жизненного цикла разработки ПО (ЖЦ) усложняются за счет новых процедур и

дополнительной сопроводительной информации, призванной повысить контролируемость качества, но нередко создающей избыточную нагрузку на участников ЖЦ. Традиционное расширение системы метрик контроля проблему не решает [8], когда показатель становится управленческой целью, усилия направляются не на

результат, а на получение нужных значений метрик [5]. В отсутствие автоматизации участникам приходится заполнять избыточный, нередко дублирующий на разных этапах объем информации, тратя непропорционально много времени на сопроводительные процедуры вместо профессиональных обязанностей.

Информационное наполнение процессов ЖЦ удобно рассматривать на уровне управления информацией [9], где единица информации (атрибут) – элементарная составляющая идентифицируемого информационного объекта (артефакта), описывающая его содержание, состояние, свойства или связи: например, для задачи это идентификатор, заголовок, описание, приоритет, критерии приемки. Именно на уровне атрибутов при росте объема данных становится заметна низкая значимость отдельных групп информации, поэтапно переходящих из одного объекта в другой. Так формируется информационная избыточность, при которой часть атрибутов и процедур требует трудозатрат, но не повышает качество результата процесса.

Существующие подходы решают смежные, но не тождественные задачи. Классическая теория информации [1] оценивает объем передаваемых данных, но не их целевую значимость в конкретном процессе. На практике решения о сохранении или исключении атрибутов принимаются на основе экспертного мнения и сложившихся традиций, что субъективно и не позволяет количественно оценить вклад атрибута в достижение целевого исхода. Ключевая проблема области – отсутствие формализованных методов оценки целесообразности использования отдельных единиц информации в составе идентифицируемых информационных объектов.

Целью исследования является повышение эффективности процессов жизненного цикла разработки ПО за счет анализа вклада отдельных единиц информации в достижение целевого результата процесса. Методологическую основу составляет мера ценности информации А.А. Харкевича в обобщении Е.В. Луценко (системная теория информации), позволяющая количественно определить, какие атрибуты значимы, какие носят сценарный характер, а какие создают избыточность, увеличивая трудозатраты без повышения качества результата [3; 4].

В работе предлагается формализованный метод количественной оценки целесообразности атрибутов информационных объектов, основанный на указанной мере и дополненный

учетом трудозатрат на сопровождение, что позволяет сопоставлять полезность атрибута с затратами на его использование. Научная новизна состоит в применении меры целесообразности информации к атрибутам артефактов процессов разработки ПО, где она ранее не использовалась, и в ее дополнении показателем эффективности, учитывающим стоимость сопровождения.

Процессы ЖЦ группируются по этапам и рассматриваются как упорядоченная последовательность процедур (практик), преобразующих исходные требования к программному обеспечению в полнофункциональный продукт или его новую модификацию [6]. Каждый процесс включает одну или несколько практик, конкретизирующих способ реализации процесса, например экспертиза кода формируется на основе обработки результата автоматизированного тестирования изменений и проверки наличия уязвимостей. Реализация практик сопровождается созданием, использованием и передачей артефактов в виде документированных объектов, несущих информацию для последующих действий [7] (задачи, коммиты, запросы на слияние, отчеты о тестировании и пр.). Каждый артефакт характеризуется набором атрибутов – элементарных единиц информации, описывающих его содержание, состояние, свойства или связи с другими объектами.

Таким образом, этапы декомпозируются в иерархию взаимосвязанных компонентов: процесс, практика, артефакт и атрибут (как это представлено на рис. 1), именно на уровне атрибутов становится возможным анализ вклада отдельных единиц информации в результат процесса.

Сопровождающие процесс практики рассматриваются как факторы того же рода и анализируются единообразно с атрибутами, что позволяет обосновывать не только информационную, но и организационную оптимизацию – исключение практик, существующих лишь для сбора или передачи незначимых данных.

Сам процесс ЖЦ можно представить как совокупность наблюдений, где каждое наблюдение – отдельный экземпляр процесса, характеризуемый набором присутствующих атрибутов и классом исхода. Введем обозначения: x_i – i -й атрибут; K_j – j -й класс исхода; N_{ij} – число наблюдений, в которых атрибут x_i присутствует при исходе K_j ; N_i – общее число наблюдений атрибута x_i ; N_j – общее число наблюдений клас-



Рис. 1. Структура жизненного цикла разработки ПО

		Классы исходов, K_j					Сумма
		1	...	j	...	m	
Факторы (атрибуты), x_i	1	N_{11}		N_{1j}		N_{1m}	
	$\vdots$			$\vdots$			
	i	N_{i1}	...	N_{ij}	...	N_{im}	$N_i = \sum_{j=1}^m N_{ij}$
	$\vdots$			$\vdots$			
	W	N_{W1}		N_{Wj}		N_{Wm}	
Сумма по классам			$N_j = \sum_{i=1}^W N_{ij}$				$N = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^m N_{ij}$

Рис. 2. Формирование матрицы частот распределения атрибутов по классам

		Классы исходов, K_j					Значимость фактора, s_i
		1	...	j	...	m	
Факторы (атрибуты), x_i	1	I_{11}		I_{1j}		I_{1m}	s_1
	$\vdots$			$\vdots$			
	i	I_{i1}	...	I_{ij}	...	I_{im}	$s_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
	$\vdots$			$\vdots$			
	W	I_{W1}		I_{Wj}		I_{Wm}	s_W

Рис. 3. Формирование матрицы информативности атрибутов

са K_j ; N – общее число наблюдений; W – число рассматриваемых атрибутов; m – число классов исходов.

$$N_i = \sum_j N_{ij}, \quad N_j = \sum_i N_{ij}, \quad N = \sum_i \sum_j N_{ij}. \quad (1)$$

На основе наблюдений строится матрица абсолютных частот N_{ij} , строки которой соответствуют атрибутам, а столбцы – классам исходов (рис. 2).

Информативность атрибута x_i относительно класса K_j вычисляется как количество инфор-

мации в смысле системной теории информации (рис. 3):

$$I_{ij} = \log_2(N_{ij}N/N_iN_j)(\log_2 W / \log_2 N). \quad (2)$$

Первый сомножитель представляет собой меру взаимной информации между атрибутом и классом исхода и отражает, насколько присутствие атрибута повышает или понижает вероятность соответствующего исхода относительно его безусловной вероятности. Второй сомножитель – коэффициент эмерджентности – нор-

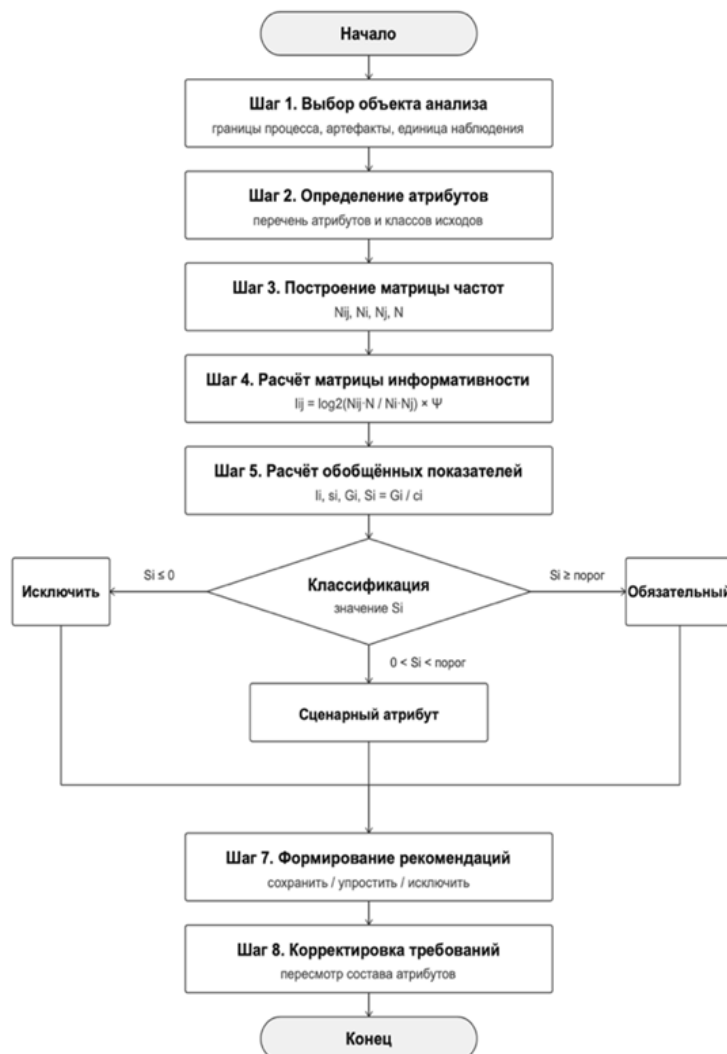


Рис. 4. Блок-схема алгоритма оценки целесообразности атрибутов

мирует оценку с учетом системного эффекта и числа рассматриваемых атрибутов.

Для оценки общего вклада атрибута используется средняя информативность по всем классам:

$$\bar{I}_i = \frac{1}{m} \sum_j I_{ij}. \quad (3)$$

Способность атрибута различать исходы характеризуется степенью различимости – стандартным отклонением информативности:

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_j (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}. \quad (4)$$

Чем выше s_i , тем сильнее выражено различие во влиянии атрибута на разные исходы процесса.

Для практического применения вводится показатель полезности атрибута G_i относительно целевого класса K_j^* (например, успешного завершения процесса):

$$G_i = f(I_{ij}^*), \quad (5)$$

где f – функция зависимости полезности от информативности и выбирается исходя из задачи; в настоящей работе принята линейная форма; c_i – стоимость трудозатраты на заполнение и сопровождение атрибута.

Интегральный показатель эффективности атрибута S_i определяется как отношение полез-

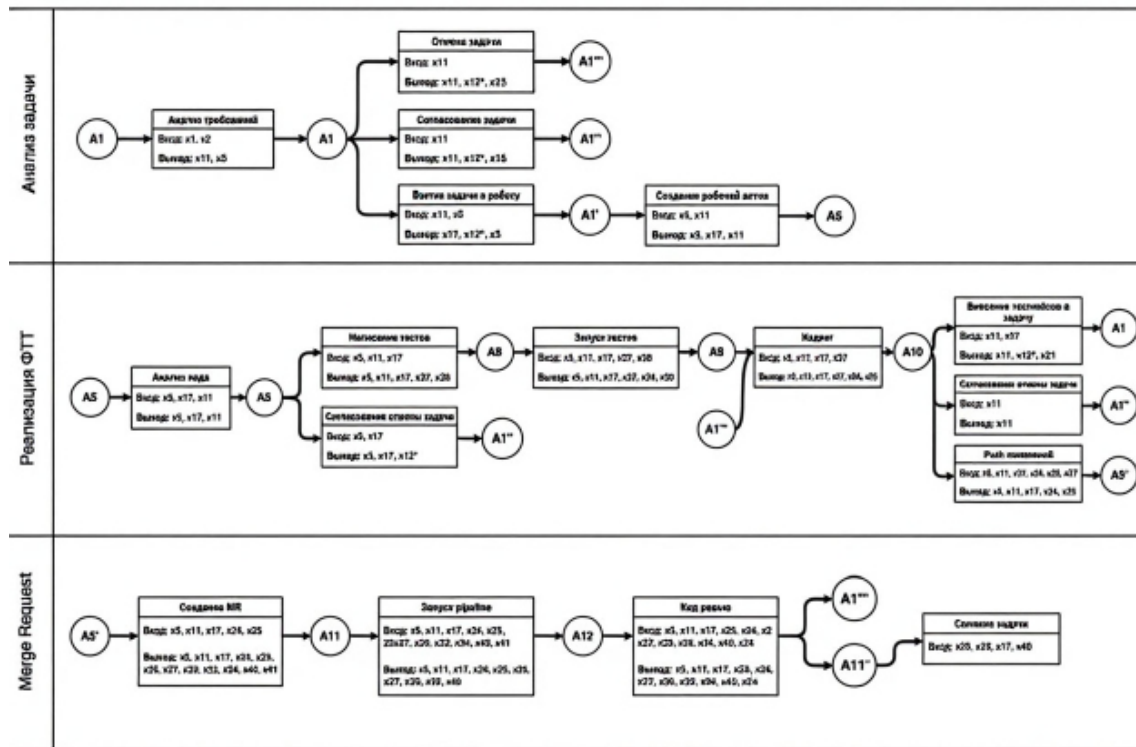


Рис. 5. Модель этапа разработки до анализа (AS IS)

Таблица 1. Классы исходов процесса запроса на слияние

Класс	Содержание исхода	Число наблюдений
K1	Изменение принято с первого прохода, постдефектов нет	50
K2	Изменение возвращено на доработку	25
K3	После слияния выявлен дефект	15
K4	Изменение задержано или заблокировано из-за неполноты данных	10

ности к затратам:

$$S_i = G_i / c_i. \quad (6)$$

Показатель S_i сопоставляет полезность атрибута с затратами на его использование. По его значению атрибуты разделяются на три группы: обязательные, с высокой информативностью и полезностью при приемлемой стоимости; сценарные, значимые лишь при отдельных исходах; избыточные, с низкой информативностью при значимых трудозатратах.

Классификация служит основанием для экспертной проверки, а не окончательным решением: атрибут, встречающийся во всех исходах с близкой частотой, получает низкую

оценку различимости, хотя может оставаться необходимым для функционирования процесса.

Практическое применение метода реализуется последовательностью шагов, представленной на рис. 4.

Апробация метода выполнена на этапе разработки программного обеспечения в команде, развивающей отечественную DevOps-платформу. Этап разработки включает три процесса: анализ задачи, реализацию функционально-технических требований и запрос на слияние. Детальное применение методики приведено для процесса запроса на слияние (*Merge Request* или *MR*) (рис. 5), который включает работу с исходным кодом, экспертизу изменений и проверку кода на наличие дефектов

Таблица 2. Атрибуты, участвующие в процессе запроса на слияние, и их стоимость

Фактор	Содержание	Стоимость c_i , мин/ед
X_5	Тип задачи	1,0
X_{11}	Идентификатор задачи	1,0
X_{17}	<i>Git</i> репозиторий	1,0
X_{24}	<i>Hash</i> коммита	1,0
X_{25}	Сообщение коммита	2,0
X_{26}	Название <i>MR</i>	2,0
X_{27}	Описание <i>MR</i>	5,0
X_{28}	<i>Source branch</i>	1,0
X_{29}	<i>Target branch</i>	1,0
X_{30}	Ответственные	3,0
X_{32}	Отчет о тестах	12,0
X_{34}	Отчет ревью кода	3,0
X_{40}	Комментарий со ссылкой на окружение	1,0
X_{41}	Название задачи в <i>MR</i>	2,0

Таблица 3. Матрица абсолютных частот

Фактор	Содержание	K_1	K_2	K_3	K_4	N_i
X_5	Тип задачи	48	18	6	4	76
X_{11}	Идентификатор задачи	49	12	4	2	67
X_{17}	<i>Git</i> репозиторий	45	10	3	2	60
X_{24}	<i>Hash</i> коммита	50	25	15	10	100
X_{25}	Сообщение коммита	50	25	15	10	100
X_{26}	Название <i>MR</i>	48	24	14	9	95
X_{27}	Описание <i>MR</i>	18	10	7	4	39
X_{28}	<i>Source branch</i>	45	34	19	2	100
X_{29}	<i>Target branch</i>	50	25	15	10	100
X_{30}	Ответственные	50	25	15	10	100
X_{32}	Отчет о тестах	45	20	10	7	82
X_{34}	Отчет ревью кода	45	10	3	2	60
X_{40}	Комментарий со ссылкой на окружение	30	16	9	6	61
X_{41}	Название задачи в <i>MR</i>	41	20	12	8	81
N_j	Итоги по классам	50	25	15	10	100

и уязвимостей, данная часть ведется в системе управления исходным кодом *GitFlic* [11], а требования и статусы фиксируются в системе управления задачами *Teamstorm* [12].

Для анализа сформирована выборка из 100 наблюдений – экземпляров процесса запроса на слияние. Каждое наблюдение отнесено к одному из четырех классов исходов (табл. 1).

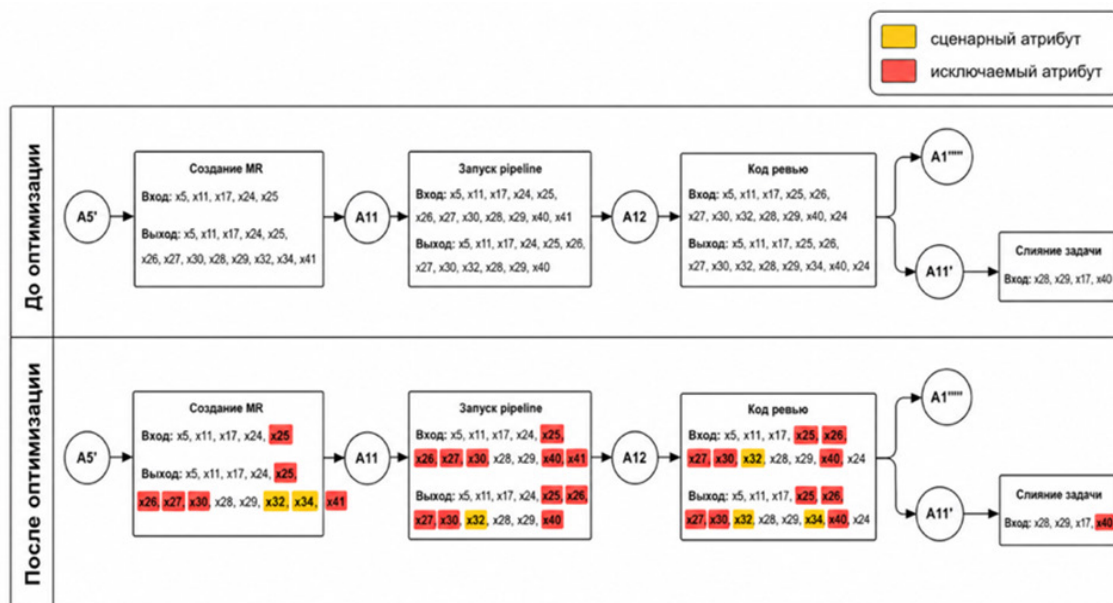


Рис. 6. Сравнение процесса запроса на слияние до и после оптимизации (TO BE)

Рассматривались 14 атрибутов и практик, сопровождающих процесс; для каждого фактора экспертно оценена стоимость сопровождения в трудозатратах на один экземпляр процесса (мин/ед), приведенная в табл. 2. По выборке построена матрица абсолютных частот, отражающая распределение факторов по классам исходов (табл. 3) и служащая исходными данными для расчетов.

На подготовленной выборке выполнен полный расчет по описанной модели: построена матрица информативности, рассчитаны агрегированные показатели и интегральная оценка эффективности, проведена классификация факторов и сформированы альтернативные конфигурации процесса.

Факторы X24 (хеш коммита), X25 (сообщение коммита), X29 (*target branch*) и X30 (ответственные) получили нулевую информативность по всем классам исходов: в исходных данных они присутствуют во всех наблюдениях, а их частоты совпадают с итогами по классам (табл. 3), поэтому не позволяют различать исходы независимо от роли в процессе.

Напротив, факторы X5 (тип задачи), X11 (идентификатор задачи), X17 (*Git*-репозиторий), X28 (*source branch*) и X34 (отчет ревью кода) показали выраженную различающую способность: их информативность положительна относительно благоприятного исхода и отрицательна относительно проблемных. Это ука-

зывает на статистическую связь их присутствия с успешным завершением процесса. Таким образом, уже на уровне локальной информативности факторы разделяются на обладающие аналитической ценностью и присутствующие преимущественно формально.

Для каждого фактора рассчитаны средняя информативность $\bar{I}_i$ (3), степень различимости s_i (4), полезность G_i (5) и интегральный показатель эффективности S_i (6) с учетом стоимости c_i . Автоматическая классификация по значению S_i выделила три группы, однако проявилось отмеченное выше ограничение модели: ряд структурно необходимых факторов (*Git*-репозиторий, ветви, хеш коммита) получил низкую или нулевую оценку из-за почти равномерного присутствия во всех исходах. Поэтому результаты дополнены экспертной проверкой: факторы, не несущие различающей информации, но обязательные для технической корректности процесса, отнесены к обязательным, а формально присутствующие и не обязательные для механики процесса – к избыточным. Итоговая классификация имеет вид:

- обязательные: X5 (тип задачи), X11 (идентификатор задачи), X17 (*git* репозиторий), X24 (*hash* коммита), X28 (*source branch*), X29 (*target branch*);
- сценарные: X32 (отчет о тестах), X34 (отчет ревью кода);
- избыточные: X25 (сообщение коммита),

X26 (название MR), X27 (описание MR), X30 (ответственные), X40 (комментарий со ссылкой на окружение), X41 (название задачи в описании MR).

На основе классификации сформирована сокращенная конфигурация процесса, сохраняющая только обязательные и сценарные факторы. Сравнение базовой и сокращенной конфигураций (рис. 6) показывает, что в оптимизированном варианте исключаются шесть факторов, не влияющих на исход, устраняются дублирующие информационные элементы и упрощается структура информационных потоков между практиками.

Существенно, что исключение части факторов позволяет отказаться и от отдельных практик, ранее существовавших лишь для сбора или передачи этих данных, – оптимизация достигается не только на информационном, но и на организационном уровне. Тем самым метод позволяет количественно разделять факторы по их вкладу в исход процесса и формировать конфигурации с пониженной трудоемкостью при сохранении функциональной целостности процесса.

В работе рассмотрена проблема информационной избыточности процессов жизненного цикла разработки ПО, при которой часть сопровождающих процесс атрибутов и практик требует трудозатрат, но не повышает качество результата. Показано, что традиционные подходы – расширение систем метрик контроля и экспертная оценка состава атрибутов – не обеспечивают объективного обоснования решений о сохранении или исключении отдельных еди-

ниц информации.

Предложен формализованный метод количественной оценки целесообразности атрибутов на основе меры ценности информации А.А. Харкевича в обобщении Е.В. Луценко, дополненный учетом трудозатрат на сопровождение. Метод рассчитывает вклад каждого фактора в достижение целевого исхода, сопоставляет полезность с затратами и разделяет факторы на обязательные, сценарные и избыточные; он реализован в виде программного инструмента, обеспечивающего воспроизводимость расчетов. Апробация на процессе запроса на слияние подтвердила применимость метода: из четырнадцати факторов выделены значимые, сценарные и избыточные, а сформированные конфигурации показали возможность снижения трудоемкости сопровождения при сохранении функциональной целостности процесса. Подтверждено, что метод применим и к сопровождающим практикам, что расширяет его до инструмента организационной оптимизации.

Основное ограничение метода: атрибут, присутствующий во всех исходах с близкой частотой, получает низкую оценку независимо от действительной роли, поэтому результаты автоматического расчета требуют экспертной проверки. Это ограничение, единичный характер апробации и экспертная составляющая исходных данных определяют направления дальнейшей работы – расширение эмпирической базы, автоматизацию сбора данных из систем управления разработкой и долгосрочную проверку оптимизированных конфигураций в реальной эксплуатации.

Литература

1. Shannon, C.E. A Mathematical Theory of Communication / C.E. Shannon // The Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423; 623–656. – DOI: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
2. Харкевич, А.А. О ценности информации / А.А. Харкевич // Проблемы кибернетики. – 1960. – Вып. 4. – С. 53–57. – EDN: WJCCEZ.
3. Луценко, Е.В. Математическая сущность системной теории информации / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ. – 2008. – № 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2008/08/pdf/04.pdf>.
4. Луценко, Е.В. Программная идея системного обобщения математики и ее применение для создания системной теории информации / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ. – 2008. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/11.pdf>.
5. Wentao Chen. Usage patterns of software product metrics in assessing developers' output: A comprehensive study / Wentao Chen, Huiqun Yu, Guisheng Fan, Zijie Huang, Yuguo Liang // Information and Software Technology. – 2026. – Vol. 189.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная

инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – М. : Стандартинформ, 2012.

7. ГОСТ Р 56713-2015 (ISO/IEC/IEEE 15289:2011). Системная и программная инженерия. Содержание информационных элементов жизненного цикла. – М. : Стандартинформ, 2016.

8. Формирование системы метрик для оценки и оптимизации процессов в Agile-проектах // КиберЛенинка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-metrik-dlya-otsenki-i-optimizatsii-protseessov-v-agile-proektah/viewer>.

9. Shahin, M. Continuous Integration, Delivery and Deployment: A Systematic Review on Approaches, Tools, Challenges and Practices / M. Shahin, M.A. Babar, L. Zhu // IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 3909–3943. – DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2685629.

10. Документация GitFlic [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.gitflic.ru>.

11. Портал документации TeamStorm [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.teamstorm.html>.

References

2. KHarkevich, A.A. O tsennosti informatsii / A.A. KHarkevich // Problemy kibernetiki. – 1960. – Вып. 4. – S. 53–57. – EDN: WJCCEZ.

3. Lutsenko, E.V. Matematicheskaya sushchnost sistemnoj teorii informatsii / E.V. Lutsenko // Nauchnij zhurnal KubGAU. – 2008. – № 8 [Electronic resource]. – Access mode : <http://ej.kubagro.ru/2008/08/pdf/04.pdf>.

4. Lutsenko, E.V. Programmная ideya sistemnogo obobshcheniya matematiki i ee primeneniye dlya sozdaniya sistemnoj teorii informatsii / E.V. Lutsenko // Nauchnij zhurnal KubGAU. – 2008. – № 2 [Electronic resource]. – Access mode : <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/11.pdf>.

6. GOST R ISO/MEK 12207-2010. Informatsionnaya tekhnologiya. Sistemnaya i programmная inzheneriya. Protsessy zhiznennogo tsikla programmnykh sredstv. – М. : Standartinform, 2012.

7. GOST R 56713-2015 (ISO/IEC/IEEE 15289:2011). Sistemnaya i programmная inzheneriya. Soderzhanie informatsionnykh elementov zhiznennogo tsikla. – М. : Standartinform, 2016.

8. Formirovanie sistemy metrik dlya otsenki i optimizatsii protseessov v Agile-proektakh // KiberLeninka [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-metrik-dlya-otsenki-i-optimizatsii-protseessov-v-agile-proektah/viewer>.

10. Dokumentatsiya GitFlic [Electronic resource]. – Access mode : <https://docs.gitflic.ru>.

11. Portal dokumentatsii TeamStorm [Electronic resource]. – Access mode : <https://docs.teamstorm.html>.

АРХИТЕКТУРНЫЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ДЕДУПЛИКАЦИИ И КОНСОЛИДАЦИИ В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

Д.А. БОРЩЕНКО, С.В. КОСЯКОВ

*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
г. Иваново*

Ключевые слова и фразы: нормативно-справочная информация; система управления НСИ; дедупликация данных; консолидация данных; архитектура системы; интеллектуальная подсистема; качество данных; эталонная запись; контроль качества.

Аннотация: Цель исследования состоит в обосновании архитектурных условий интеграции интеллектуальной подсистемы дедупликации и консолидации в систему управления нормативно-справочной информацией. Задачи включают определение места подсистемы в архитектуре НСИ, состава ее компонентов, порядка обмена данными, режимов внедрения и контроля результата через показатели качества. Гипотеза исследования заключается в том, что интеллектуальная обработка записей должна рассматриваться не как автономный механизм поиска дублей, а как управляемый архитектурный слой. Методическую основу составили системный анализ, архитектурное моделирование, формализация компонентного состава и анализ требований к качеству данных. В результате сформирована архитектурная модель подсистемы, определены требования к локализуемости, управляемости, безопасности объединения, масштабируемости и контролируемости качества, а также обоснована возможность поэтапного внедрения без изменения базовых контуров хранения и публикации эталонных записей НСИ.

Введение

Системы управления нормативно-справочной информацией образуют базовый слой корпоративного и ведомственного информационного пространства [1]. Через справочники контрагентов, номенклатуры, адресов, классификаторов, организационных единиц и иных условно-постоянных сущностей обеспечивается единообразие операционных процессов, аналитики, отчетности и межсистемного обмена. В условиях распределенного ИТ-ландшафта одна и та же сущность может поступать из разных систем-источников и храниться в нескольких версиях, отличающихся форматом, полнотой, актуальностью и достоверностью, что делает дедупликацию и консолидацию не вспомогательной операцией очистки, а одним из ключевых механизмов поддержания управляемого

состояния нормативно-справочной информации (НСИ).

Развитие методов искусственного интеллекта повышает возможности сопоставления записей в условиях неполноты и вариативности представления данных. Однако промышленная применимость таких методов определяется не только точностью классификации пар записей [11–14]. Для систем НСИ критичны воспроизводимость обработки, управляемость порогов и правил, соблюдение предметных ограничений, контроль показателей качества и регламентированное включение результата в эталонное хранилище НСИ. Поэтому исследовательская задача состоит не в выборе конкретной модели сопоставления, а в определении архитектурных условий, при которых интеллектуальная обработка может быть включена в действующую систему управления НСИ без нарушения проце-

дур хранения, согласования и распространения эталонных данных.

Цель данного исследования – разработка архитектурного подхода к интеграции интеллектуальной подсистемы дедупликации и консолидации в систему управления НСИ. Для достижения цели решаются задачи формализации места интеллектуальной подсистемы в общей архитектуре НСИ, определения состава функциональных модулей, описания компонентного состава подсистемы, порядка обмена данными, контроля результата через показатели качества, режимов внедрения и условий промышленной применимости. В отличие от работ, сосредоточенных на качестве отдельного алгоритма сопоставления, в данной работе рассматривается системная интеграция интеллектуального контура непосредственно в системы управления НСИ [2–8].

Обзор исследований и постановка проблемы

В ранее выполненных исследованиях показано, что системы управления нормативно-справочной информацией выступают базовым средством обеспечения качества и консолидации корпоративных данных [1]. Однако для промышленного применения интеллектуальной дедупликации недостаточно рассматривать только алгоритм сопоставления записей. Требуется определить, каким образом такой алгоритм включается в систему управления данными, какие параметры обработки фиксируются, как контролируется качество результата и при каких условиях итоговое решение может быть передано в эталонное хранилище НСИ. Поэтому в данной работе основное внимание уделяется не развитию отдельной модели сопоставления, а архитектурным условиям управляемого включения интеллектуальной подсистемы в действующую систему НСИ.

Для систем управления НСИ дедупликация не сводится к вычислению степени сходства между двумя записями. Справочники и классификаторы являются нормативным слоем корпоративных данных, поэтому решение об объединении записей должно учитывать допустимые значения атрибутов, связи между объектами, правила актуализации, полномочия участников процесса и порядок распространения эталонных данных. Иначе даже точный алгоритм сопоставления может привести к некорректному объединению сущностей, нарушению ссылоч-

ной целостности или распространению ошибочного значения в смежные информационные системы.

Промышленная среда включает несколько взаимосвязанных контуров: прием данных из систем-источников, нормализацию и проверку, сопоставление записей, формирование групп дублей, консолидацию атрибутов, экспертное согласование, хранение эталонных записей и их передачу потребителям. Поэтому интеллектуальная подсистема дедупликации и консолидации должна быть встроена в эту последовательность как управляемый архитектурный слой, а не как обособленный модуль автоматического принятия решений. Такой слой должен обеспечивать фиксацию параметров обработки, учет примененных правил и версий моделей, разделение автоматических и экспертно подтверждаемых решений, а также контроль влияния обработки на показатели качества НСИ.

Таким образом, сохраняется методический разрыв между результатами алгоритмов дедупликации на экспериментальных наборах данных и требованиями их промышленной интеграции в системы управления НСИ. Модель может сформировать оценку сходства или предложить объединение записей, однако без архитектурного слоя контроля такое решение не обладает достаточной управляемостью. Необходимы формализованные правила межкомпонентного обмена, фиксация параметров обработки, учет версий применяемых правил и моделей, выделение спорных случаев для экспертного уточнения и проверка результата через показатели качества Q . Поэтому предметом настоящей статьи является архитектурный подход к интеграции интеллектуальной подсистемы в систему управления НСИ, а не разработка или экспериментальная проверка отдельного метода сопоставления записей.

Исходные требования и формальная модель интеграции

Система управления НСИ в настоящей работе рассматривается как открытая управляемая организационно-техническая система, функционирующая под воздействием входных потоков данных и управляющих параметров. В обобщенном виде она представляется коротежем:

$$S_{MDM} = \langle X, U, Z, Y, F, G \rangle,$$

Таблица 1. Исходные архитектурные требования к интеллектуальной подсистеме

Требование	Содержание	Архитектурное решение	Контроль через показатели качества
Локализуемость	Включение подсистемы без замены ядра системы управления НСИ	Обособленный прикладной слой, взаимодействующий с действующими средствами загрузки, хранения и публикации данных	Сохранение действующих контуров хранения и публикации, а также доля операций, выполняемых без изменения ядра системы
Управляемость	Настройка порогов, правил, параметров моделей и режимов обработки	Перечень настроек, правил и версий моделей, применяемых при обработке записей	Стабильность показателей Q при изменении параметров и доля запусков, прошедших проверку качества [5]
Безопасность объединения	Запрет автоматического слияния записей при критических противоречиях	Предметные ограничения, область неопределенных решений и обязательное подтверждение спорных случаев	Число критических ложных объединений; доля спорных случаев, исключенных из автоматического слияния
Обратная связь	Передача неоднозначных случаев ответственному специалисту и возврат подтвержденных решений в настройку обработки	Очередь экспертного подтверждения и механизм уточнения параметров сопоставления и консолидации	Доля подтвержденных решений; снижение доли неопределенных случаев при последующих запусках
Масштабируемость	Обработка потоков и пакетов данных из нескольких источников	Пакетный, событийный и регламентный режимы обработки; распределение задач сопоставления	Время обработки; число записей за единицу времени; доля завершенных заданий без превышения допустимой нагрузки
Контролируемость качества	Оценка влияния подсистемы на состояние НСИ после сопоставления, группирования и консолидации	Расчет вектора показателей Q для входных данных, промежуточных групп и итоговых записей	Интегральный показатель качества

где X – множество входных воздействий и потоков данных из внешних систем; U – множество управляющих воздействий и регламентов; Z – внутреннее состояние эталонного хранилища НСИ; Y – выходные данные и показатели качества; F – функция перехода состояния; G – функция формирования выходных данных. Интеллектуальная подсистема дедупликации и консолидации локализуется внутри подсистемы обработки данных, но влияет на состояние Z , качество Y и управляющий контур U .

Для архитектурного описания интеллектуальная подсистема задается расширенным кортежем:

$$S_{DC} = \langle D, \Theta, B, M, K, C, Q \rangle,$$

где D – множество записей НСИ, поступивших в обработку; Θ – совокупность параметров и политик; B – функция отбора кандидатных пар;

M – функция сопоставления записей; K – процедура формирования групп дублей; C – функция консолидации; Q – вектор показателей качества. В отличие от алгоритмической постановки, архитектурная модель фиксирует не только вычислительные функции B, M, K, C , но и обязательный компонент контроля качества результата Q [4].

Ключевой принцип состоит в разделении вычислительного решения и управленческого действия. Интеллектуальная подсистема формирует оценки сходства, группы потенциальных дублей, предложения по эталонной записи и основания решений; запись в эталонное хранилище НСИ выполняется только через регламентированный контур управления НСИ. Такое разделение исключает ситуацию, при которой модель непосредственно изменяет эталонные справочники без контроля доменных правил.

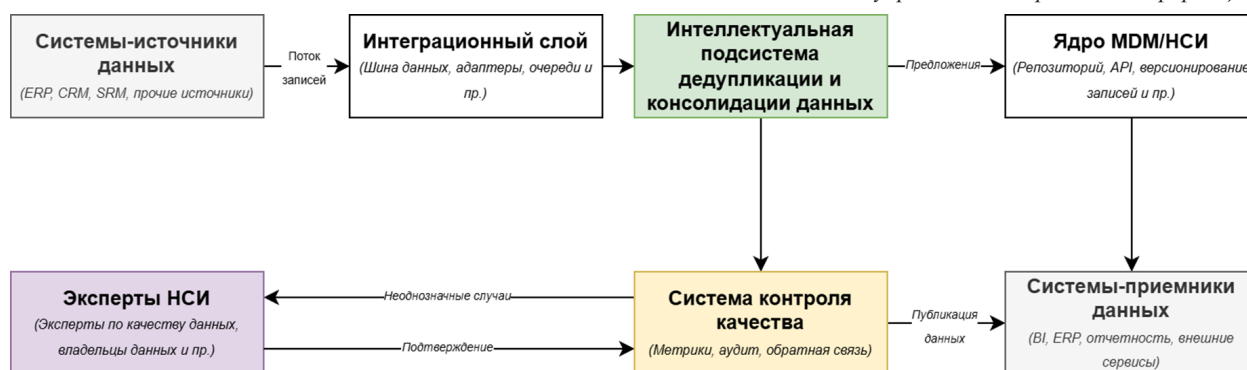


Рис. 1. Обобщенная схема интеграции интеллектуальной подсистемы в ландшафт управления НСИ

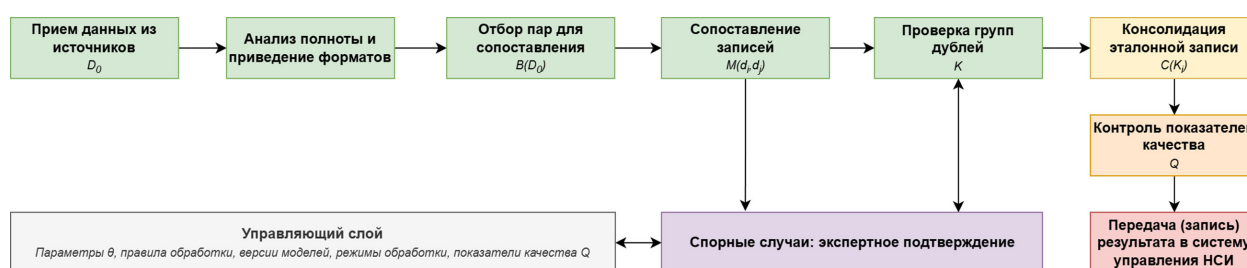


Рис. 2. Эталонная архитектура интеллектуальной подсистемы дедупликации и консолидации

Эталонная архитектура интеграции

Предлагаемая архитектура строится как обособленный прикладной слой между контуром приема данных и эталонным хранилищем НСИ (рис. 1). На вход интеллектуальная подсистема получает приведенные к единому виду записи, сведения об источниках и действующих правилах обработки. На выходе формируются не готовые изменения для непосредственной записи в хранилище, а проверяемые результаты: пары и группы возможных дублей, проекты эталонных записей, перечень противоречий и значения показателей качества.

Архитектура включает четыре функциональные области: прием данных из источников, подготовку записей к сопоставлению, интеллектуальную обработку и передачу результата в систему управления НСИ после проверки показателей качества (рис. 2). Каждый слой фактически должен иметь устойчивый интерфейс, чтобы замена конкретной обучаемой модели, функции блокирования или политики консолидации не приводила к изменению остальных компонентов системы.

Компонентный состав интеллектуальной подсистемы определяется последовательно-

стью преобразования записей НСИ от момента поступления из систем-источников до формирования эталонной записи и оценки результата через показатели качества Q . Сначала средства приема данных приводят входные записи к единой модели записи НСИ. Затем выполняется анализ структуры, полноты, форматных дефектов, распределения значений и особенностей источников [9; 10]. Нормализация устраняет поверхностную вариативность представления данных, но не принимает решений об объединении записей.

После этого функция отбора B формирует множество пар, подлежащих сопоставлению. Функция сопоставления M рассчитывает оценку близости записей с учетом атрибутивных признаков и предметных ограничений. Процедура K формирует допустимые группы дублей и предотвращает некорректное объединение записей при наличии критических противоречий. Функция консолидации C формирует эталонную запись на основе допустимой группы дублей. Итоговое состояние результата оценивается компонентом Q , включающим показатели уникальности, полноты, согласованности и достоверности данных.

Спорные случаи, для которых автоматиче-

Таблица 2. Функции компонентов интеллектуальной подсистемы

Компонент	Основная функция	Вход	Выход
Средства приема данных из источников	Получение записей и сведений о структуре данных из внешних информационных систем	Потоки входных данных X , правила приема и преобразования	Множество исходных записей НСИ D
Анализ структуры, полноты и форматов	Выявление пропусков, форматных дефектов, распределений значений и особенностей источников	Множество исходных записей D	Описание состояния входных данных и первичные показатели качества
Нормализация записей	Приведение значений к единому формату без принятия решения об объединении	Множество исходных записей D , правила нормализации Θ	Нормализованное множество записей D_n
Отбор пар для сопоставления B	Формирование множества пар записей, требующих дальнейшего сравнения	Нормализованное множество записей D_n , параметры отбора Θ_B	Множество пар для сопоставления $B(D_n)$
Сопоставление записей M	Расчет оценки близости записей с учетом атрибутов, пропусков и предметных ограничений	Множество пар $B(D_n)$, параметры сопоставления Θ_M	Оценки близости записей и множество предполагаемых соответствий
Проверка групп дублей K	Формирование допустимых групп дублей и исключение ошибочного объединения при критических противоречиях	Множество предполагаемых соответствий, параметры группирования Θ_K	Множество допустимых групп дублей K
Консолидация записей C	Формирование эталонной записи на основе допустимой группы дублей	Допустимые группы дублей K , параметры консолидации Θ_C	Множество эталонных записей E
Контроль показателей качества Q	Оценка результата дедупликации и консолидации по показателям качества НСИ	Исходные записи D , нормализованные записи D_n , группы дублей K , эталонные записи E	Вектор показателей качества Q
Экспертное уточнение спорных случаев	Проверка неоднозначных ситуаций, не подлежащих автоматическому объединению	Спорные пары и группы записей, оценки близости, текущие параметры Θ	Подтвержденные или отклоненные объединения и уточненные параметры обработки Θ

ское решение не является допустимым, передаются ответственному специалисту. Подтвержденные решения используются для уточнения параметров Θ , правил сопоставления и режимов обработки. В данной модели отдельный компонент хранения решений не вводится, поскольку контроль корректности результата рассматривается через вектор показателей качества Q .

Встраивание интеллектуальной подсистемы в систему управления НСИ должно опираться на заранее описанный порядок обмена данными между ее частями для того, чтобы отделить исследовательскую реализацию от промышленного применения. Способ расчета близости записей может изменяться, но состав передаваемых сведений, параметры обработ-

ки, правила формирования групп дублей, правила консолидации и порядок оценки качества должны оставаться фиксированными и проверяемыми. При этом для каждой операции необходимо определять, какие данные поступают на вход, какие сведения формируются на выходе и при каких условиях результат может быть использован на следующем этапе. Для систем управления НСИ это важно, поскольку ошибка на одном этапе обработки может быть автоматически перенесена в эталонные записи и далее распространена в связанные информационные системы [6].

Для сохранения воспроизводимости результата каждый этап обработки должен сопровождаться минимальным набором служебных сведений: идентификатором записи или группы

записей, источником данных, примененным набором параметров Θ , версией правил или модели, датой обработки и результатом проверки по показателям качества Q . Эти сведения не образуют самостоятельный контур аудита в рамках данной статьи, но необходимы для того, чтобы результат работы подсистемы мог быть сопоставлен с входными данными и проверен экспертом по НСИ.

Важно отметить, что для всех этапов обработки обязательны три служебных признака: номер набора параметров Θ , версия примененных правил или модели, дата обработки. Без этих сведений результат становится невозпроизводимым: невозможно установить, какие условия использовались при отборе пар, сопоставлении записей, формировании групп дублей и консолидации. Поэтому учет параметров и правил обработки является не технической деталью, а условием достоверности работы интеллектуальной подсистемы.

Корректность результата работы интеллектуальной подсистемы контролируется через показатели качества Q , рассчитываемые после основных этапов обработки: отбора пар, сопоставления записей, формирования групп дублей и консолидации. Если результат обработки приводит к ухудшению согласованности, достоверности или полноты данных либо содержит критические противоречия, он не должен автоматически передаваться в эталонное хранилище НСИ. Неоднозначные пары, спорные группы дублей и конфликтные значения атрибутов направляются ответственному специалисту для уточнения. Подтвержденные решения учитываются при последующей корректировке регламентов обработки и допустимых параметров Θ , правил сопоставления и консолидации. Таким образом, в рамках предлагаемой архитектуры обратная связь рассматривается не как отдельный контур аудита, а как механизм повышения устойчивости обработки и контроля качества результата.

Что касается поэтапного внедрения интеллектуальной подсистемы в систему управления НСИ, то режимы внедрения напрямую зависят от зрелости действующей системы НСИ, объема входных данных, допустимой задержки обработки, критичности справочника и степени доверия к автоматическим решениям. На начальном этапе целесообразно использовать режим периодической обработки, при котором подсистема анализирует выгрузки справочни-

ков, выявляет возможные дубли, формирует предложения по объединению и рассчитывает показатели качества Q без автоматического изменения эталонного хранилища НСИ.

При более зрелом контуре управления НСИ может применяться режим обработки по изменениям. В этом случае подсистема запускается при поступлении новых записей или изменении значимых атрибутов существующих записей. Такой режим позволяет быстрее выявлять потенциальные дубли и предотвращать накопление противоречий, однако требует более строгой настройки параметров Θ , правил сопоставления и ограничений на автоматическое объединение.

Для справочников с высокой ценой ошибки может применяться режим справочной проверки при вводе и согласовании записи. В этом случае интеллектуальная подсистема не изменяет данные самостоятельно, а только показывает ответственному специалисту возможные совпадения, признаки сходства, критические противоречия и предварительную оценку влияния решения на показатели Q [7]. Такой режим наиболее безопасен, поскольку решение остается за специалистом до передачи записи в эталонное хранилище НСИ.

Для развитых систем управления НСИ возможен комбинированный режим. В нем периодическая обработка используется для плановой очистки и анализа накопленных данных, обработка по изменениям – для контроля новых записей, а справочная проверка – для критичных объектов и спорных случаев. Общими для всех режимов остаются параметры Θ , функции B , M , K , C и контроль результата через показатели качества Q .

Архитектурная применимость и проверка решения

Промышленное применение интеллектуальной подсистемы возможно при соблюдении пяти условий: подсистема не заменяет ядро системы управления НСИ, оценка близости записей не является самостоятельным основанием для их объединения, предметные ограничения имеют приоритет над результатом модели, параметры Θ и правила обработки фиксируются для воспроизводимости результата, итоговое решение принимается только при выполнении требований к показателям качества Q [2; 3; 11–14].

Проверка решения должна подтверждать, что подсистема корректно работает в типовых условиях эксплуатации: при подключении нового источника данных, наличии критических противоречий, появлении спорных пар записей, изменении параметров обработки и росте объема справочников. В этих случаях подсистема должна приводить записи к сопоставимому виду, запрещать недопустимое автоматическое объединение, передавать неоднозначные случаи ответственному специалисту и не направлять результат в эталонное хранилище НСИ при ухудшении показателей качества.

Таким образом, предложенная архитектура рассматривается не как отдельный алгоритм поиска дублей, а как управляемый слой обработки НСИ, применимый при сохранении действующих контуров хранения, согласования и распространения эталонных данных.

Результаты исследования

В результате исследования сформирована архитектурная модель включения интеллектуальной подсистемы в систему управления НСИ. В отличие от прямого применения обучаемой модели, предложенная модель описывает место функций отбора пар, сопоставления, проверки групп дублей, консолидации и контроля качества в общем контуре обработки НСИ. Результатом является не новый алгоритм сопоставления, а архитектурная схема, задающая порядок применения таких алгоритмов при сохранении управляемости и контроля качества данных.

Архитектурное разделение вычислительного решения и управленческого действия направлено на снижение риска неконтролируемого изменения эталонных записей. В отличие от пакетной очистки вне системы управления НСИ, предложенная схема связывает результат обработки с действующими контурами хранения, согласования и публикации данных. В отличие от монолитного включения модели в ядро системы, локализованное внедрение позволяет проверять работу подсистемы поэтапно и ограничивать автоматическое применение результата требованиями к показателям качества.

Ограничением текущего исследования является то, что оно фиксирует архитектурную и методическую основу интеграции, но не подменяет экспериментальную оценку конкретных моделей сопоставления и консолидации. Алгоритмическая проверка должна выполняться

отдельно: сначала на контролируемых наборах данных, затем на реальных корпоративных справочниках НСИ.

Заключение

В данной работе предложен архитектурный подход к включению интеллектуальной подсистемы дедупликации и консолидации в систему управления нормативно-справочной информацией. Подсистема рассматривается как управляемый архитектурный слой, задающий место функций отбора пар, сопоставления, проверки групп дублей, консолидации и контроля качества в действующей системе управления НСИ.

Научная новизна работы состоит в формализации интеллектуальной дедупликации и консолидации на архитектурном уровне. В отличие от подходов, где основное внимание уделяется только точности модели сопоставления, в данной статье определены условия промышленной применимости подсистемы: локализованное внедрение без замены ядра системы управления НСИ, разделение оценки близости и решения об объединении, приоритет предметных ограничений, воспроизводимость параметров обработки и обязательный контроль результата через показатели уникальности, полноты, согласованности и достоверности данных.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности поэтапного внедрения интеллектуальной обработки в действующие системы НСИ.

На начальном этапе подсистема может использоваться для периодической проверки и очистки справочников; далее – для обработки новых и измененных записей; для критичных объектов – как средство справочной проверки при вводе и согласовании данных.

При этом сохраняются действующие контуры хранения, согласования и распространения эталонной информации, а результат обработки передается в систему управления НСИ только при выполнении установленных требований к качеству.

Дальнейшее развитие исследования целесообразно связать с экспериментальной проверкой предложенной архитектуры на опытной реализации, оценкой времени обработки при различных объемах данных, апробацией на справочниках контрагентов и номенклатуры, а также уточнением требований к контролю качества входных данных и результатов обработки.

Литература

1. Борщенко, Д.А. Применение систем нормативно-справочной информации в обеспечении качества и консолидации данных / Д.А. Борщенко, С.В. Косяков // Вопросы науки. – 2025. – № 1. – С. 14–20. – EDN: ZEFMBL.
2. ISO/IEC 38505-1:2017. Information technology – Governance of IT – Governance of data – Part 1: Application of ISO/IEC 38500 to the governance of data. – Geneva : International Organization for Standardization, 2017 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.iso.org/standard/56639.html>.
3. ISO/IEC/IEEE 42010:2022. Software, systems and enterprise – Architecture description. – Geneva : International Organization for Standardization, 2022 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.iso.org/standard/74393.html>.
4. ISO 8000-61:2016. Data quality – Part 61: Data quality management: Process reference model. – Geneva : International Organization for Standardization, 2016 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.iso.org/standard/63086.html>.
5. ISO/IEC 25012:2008. Software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Data quality model. – Geneva : International Organization for Standardization, 2008 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.iso.org/standard/35736.html>.
6. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge / DAMA International : 2nd ed. – Bradley Beach : Technics Publications, 2017. – 588 p. – ISBN: 978-1-63462-234-9.
7. Khatri, V. Designing data governance / V. Khatri, C.V. Brown // Communications of the ACM. – 2010. – Vol. 53. – No. 1. – P. 148–152. – DOI: 10.1145/1629175.1629210.
8. Abraham, R. Data governance: A conceptual framework, structured review, and research agenda / R. Abraham, J. Schneider, J. vom Brocke // International Journal of Information Management. – 2019. – Vol. 49. – P. 424–438. – DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.008. – EDN: BAHYPD.
9. Rahm, E. Data cleaning: Problems and current approaches / E. Rahm, H.H. Do // IEEE Data Engineering Bulletin. – 2000. – Vol. 23. – No. 4. – P. 3–13 [Electronic resource]. – Access mode : <https://dbs.uni-leipzig.de/research/publications/data-cleaning-problems-and-current-approaches>.
10. Naumann, F. Data profiling revisited / F. Naumann // ACM SIGMOD Record. – 2014. – Vol. 42. – № 4. – P. 40–49. – DOI: 10.1145/2590989.2590995.
11. Sculley, D. Hidden technical debt in machine learning systems / D. Sculley, G. Holt, D. Golovin, E. Davydov, T. Phillips, D. Ebner, V. Chaudhary, M. Young, J.-F. Crespo, D. Dennison // Advances in Neural Information Processing Systems 28, 2015. – P. 2503–2511 [Electronic resource]. – Access mode : <https://research.google/pubs/hidden-technical-debt-in-machine-learning-systems>.
12. Breck, E. The ML test score: A rubric for ML production readiness and technical debt reduction / E. Breck, S. Cai, E. Nielsen, M. Salib, D. Sculley // 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). – Boston : IEEE, 2017. – P. 1123–1132. – DOI: 10.1109/BigData.2017.8258038.
13. Kreuzberger, D. Machine learning operations (MLOps): Overview, definition, and architecture / D. Kreuzberger, N. Kühl, S. Hirschl // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – P. 31866–31879. – DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3262138. – EDN: MOCCLH.
14. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) / National Institute of Standards and Technology. – Gaithersburg : NIST, 2023. – 48 p. – DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

References

1. Borshchenko, D.A. Primenenie sistem normativno-spravochnoj informatsii v obespechenii kachestva i konsolidatsii dannykh / D.A. Borshchenko, S.V. Kosyakov // Voprosy nauki. – 2025. – № 1. – S. 14–20. – EDN: ZEFMBL.

АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В РАБОТЕ С КЛИЕНТСКИМИ ЗАКАЗАМИ НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛА ЛОГИСТИКИ

Е.А. ГЕРТЕР, В.Ю. КОНДРАТЬЕВ

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
г. Краснодар*

Ключевые слова и фразы: информационная подсистема; принятие решений; клиентские заказы; логистика; управление.

Аннотация: Современная экономика характеризуется высокой степенью конкуренции, где скорость и точность обработки клиентских заказов становятся критически важными факторами успеха. В сфере логистики, где каждый этап, от приемки заказа до его доставки, сопряжен с потенциальными рисками задержек и ошибок, эффективное управление потоком информации и принятие оперативных решений играют первостепенную роль. Отдел логистики, будучи центром координации множества процессов, постоянно сталкивается с необходимостью обрабатывать растущие объемы данных, оптимизировать маршруты, управлять складскими запасами и предоставлять клиентам актуальную информацию о статусе их заказов. В связи с этим тема статьи охватывает актуальную проблематику оптимизации процессов обработки клиентских заказов в логистических отделах. Знание информационной подсистемы, ориентированной на поддержку принятия решений, позволит повысить эффективность операционной деятельности, сократить время выполнения заказов, минимизировать ошибки и улучшить качество обслуживания клиентов. Исследование такой подсистемы позволит выявить ее сильные и слабые стороны, а также разработать рекомендации по ее дальнейшему совершенствованию и внедрению в реальных условиях.

В процессе исследования были использованы теоретические методы анализа литературы, а также практические инструменты, применяемые для анализа и проектирования информационной подсистемы поддержки принятия решений в управлении клиентскими заказами на примере отдела логистики. В результате был определен алгоритм для повышения эффективности работы логистического центра, который представляет собой замкнутый цикл обработки информации.

Управление клиентскими заказами в логистике представляет собой комплекс процессов, связанных с приемом, обработкой, контролем и выполнением заявок клиентов в заданные сроки и с требуемым уровнем качества. Эффективность этой деятельности напрямую влияет на удовлетворенность заказчиков, точность поставок и общие издержки компании. Компании различного масштаба регулярно переоценивают свои текущие логистические возможности, стремясь повысить эффективность использования существующей инфраструктуры и внедрить более прогрессивные технологии.

Цель статьи – провести исследование информационной подсистемы поддержки принятия решений в управлении клиентскими заказами на примере отдела логистики.

Практическая значимость исследования заключается в том, что изучение информационной подсистемы поддержки принятия решений позволит применить данные знания на практике и повысить эффективность управления клиентскими заказами.

Применение разнообразных методологических инструментов в рамках данного исследования позволило выявить точки оптимизации

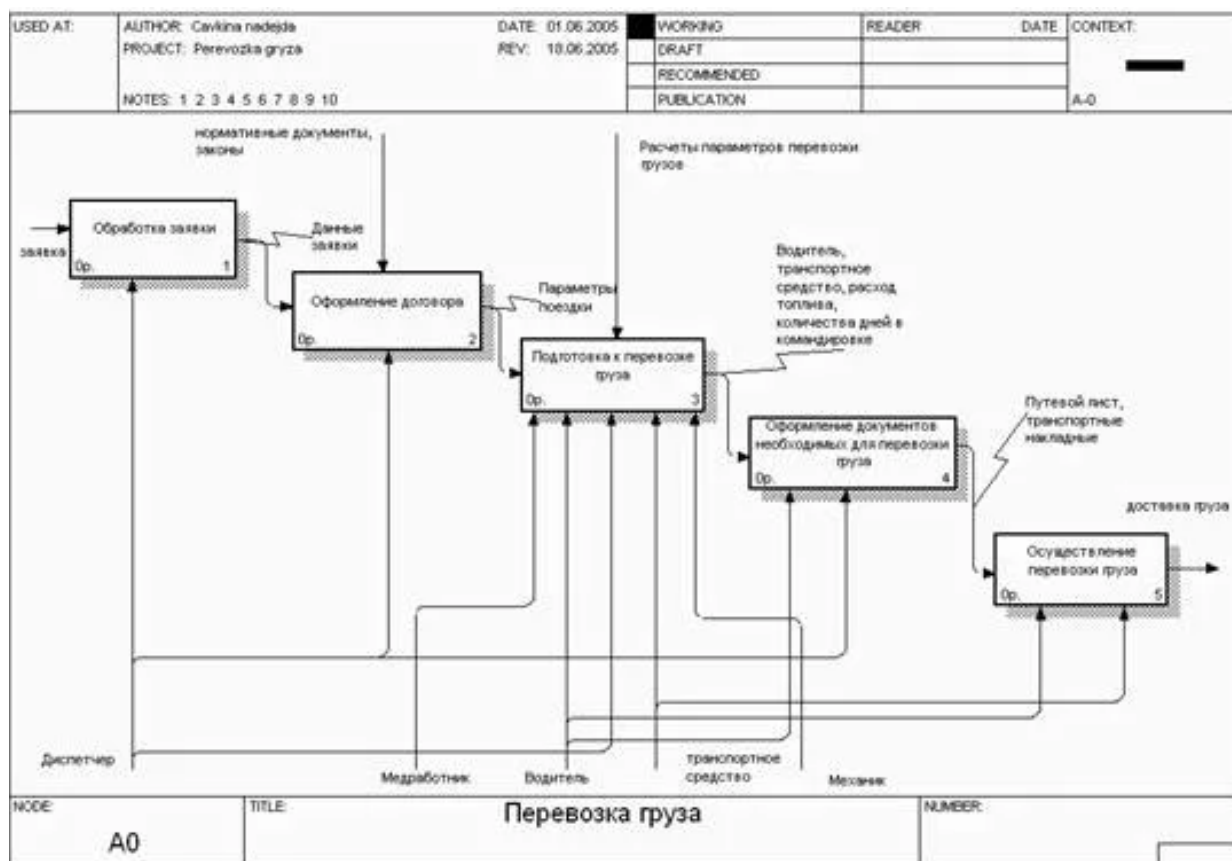


Рис. 1. Декомпозиция бизнес-процессов в отделе логистики при работе с клиентскими заказами

процессов обработки и управления клиентскими заказами.

Теоретический анализ эффективности различных направлений (например, автоматизации, применения алгоритмов прогнозирования, оптимизации маршрутов) стал фундаментом для выработки практических рекомендаций по совершенствованию информационной подсистемы поддержки принятия решений.

Развитие экономики страны непосредственно зависит от эффективности транспортно-логистической отрасли, которая обеспечивает взаимодействие как с внутренними субъектами хозяйственных отношений, так и с внешними партнерами [7].

Решение комплекса задач логистики характеризуется многомерным построением новых бизнес-процессов и моделированием сетевых организаций [4].

В отделе логистики обработка клиентских заказов включает последовательные этапы: прием заявки, проверку корректности данных, согласование сроков, формирование задания

на отгрузку и контроль исполнения. На каждом шаге возникают информационные потоки, которые передаются между менеджером, складом, транспортной службой и клиентом. Анализ процессов показывает, что основными проблемами являются задержки в обновлении статусов, дублирование информации и высокая зависимость от ручного ввода данных. Это увеличивает риск ошибок при планировании маршрутов и резервировании ресурсов. На рис. 1 представлена декомпозиция бизнес-процессов в отделе логистики при работе с клиентскими заказами.

Традиционные методы и инструменты поддержки принятия решений все чаще демонстрируют свою неэффективность в условиях растущей сложности и динамизма управленческих задач [6].

Моделирование и оценка эффективности принятия решений на основе данных в логистическом отделе позволяют перейти от интуитивного управления к обоснованному выбору действий [5]. В качестве основы используются

сведения о сроках обработки заказов, загрузке транспорта, статусах поставок, ошибках комплектации и отклонениях от маршрутов. На первом этапе данные очищаются и группируются по ключевым показателям, после чего строятся модели, прогнозирующие вероятность задержки, дефицита ресурсов или роста затрат. Это дает возможность заранее выбирать оптимальный сценарий распределения заказов и маршрутов доставки.

Для прогноза и составления плана решений будущего эффективного развития и деятельности компании используются современный цифровой инструментарий статистической обработки данных прошлого и настоящего, позволяющий поднять на новый уровень качество принимаемых управленческих решений [2].

Переход к эластичной логистике и гибкому управлению цепями поставок, что означает намерение сделать логистические процессы более пластичными, а операции – более устойчивыми, с целью в конечном счете обеспечить оптимизацию маршрутов, снижение затоваривания складов, улучшение контроля за ценами и рост эффективности логистической деятельности. Эффективность решений оценивается по таким метрикам, как сокращение времени выполнения заказа, снижение числа сбоев, уменьшение логистических издержек и рост уровня удовлетворенности клиентов. Регулярное сравнение прогнозов с фактическими результатами помогает уточнять модели и повышать качество управленческих решений.

Клиентоориентированность давно уже стала одной из ведущих ценностей/ принципов современного бизнеса и оказывает влияние на все принимаемые решения.

Для повышения эффективности работы логистического центра на основе данных программный алгоритм должен представлять собой замкнутый цикл обработки информации (Pipeline).

Ниже представлен алгоритм, структурированный по этапам жизненного цикла данных.

Этап 1: Сбор и предобработка данных (Data Ingestion & Cleaning).

На вход поступают массивы данных:

$$D_{raw} = \{T_{order}, V_{transport}, S_{delivery}, E_{picking}, R_{deviation}\}.$$

Загрузка:

– импорт данных из ERP/WMS/TMS си-

стем.

Очистка:

– удаление записей с пропусками в критических полях;
– фильтрация выбросов (например, если время доставки $t > t_{max}$, помечаем как ошибку системы).

Агрегация:

– группировка данных по временным интервалам или регионам для получения векторов признаков x .

Этап 2: Прогностическое моделирование (Predictive Modeling).

Используем статистические модели или машинное обучение для предсказания рисков.

Обучение модели:

– на исторических данных X_{hist} обучаем модель $f(x)$, где x – целевая переменная (вероятность задержки, дефицит ресурсов).

Прогноз:

для текущих заказов X_{curr} вычисляем:

– $P_{delay} = f_{delay}(X_{curr})$ – вероятность задержки;

– $C_{cost} = f_{cost}(X_{curr})$ – прогноз издержек;

– $R_{deficit} = f_{deficit}(X_{curr})$ – прогноз нагрузки на ресурсы.

Этап 3: Принятие решений (Decision Optimization).

На основе прогнозов алгоритм выбирает оптимальный сценарий S_{opt} .

Сценарный анализ:

– генерация вариантов распределения заказов $S_1, S_2, \dots, S_n$.

Выбор:

– выбор сценария S_{opt} с минимальной целевой функцией:

$$\min(Cost_{total} + \alpha P_{delay} + \beta R_{deficit}),$$

где α и β – весовые коэффициенты приоритетов бизнеса.

Этап 4: Мониторинг и обратная связь (Feedback Loop). Оценка эффективности и дообучение модели.

Сравнение:

– вычисление отклонения факта от прогноза.

Псевдокод алгоритма:

1. Подготовка
 $clean_data = preprocess(data)$
2. Прогноз рисков
 $risks = model.predict(clean_data)$
3. Оптимизация сценариев

$best_scenario = select_best_route(clean_data, risks)$

4. Исполнение и контроль
 $actual_results = execute(best_scenario)$

5. Оценка эффективности (KPI)
 $metrics = calculate_kpi(actual_results)$

6. Самообучение
 $if\ metrics.error > threshold:$
 $model.retrain(clean_data, actual_results)$

Ключевые метрики для оценки (KPI): для проверки работы алгоритма в коде должны рассчитываться следующие показатели.

Время выполнения заказа (T_{lead}):

$$T_{lead} = T_{finish} - T_{start}$$

Коэффициент сбоев (R_{fail}):

$$R_{fail} = (\text{количество ошибок}) / (\text{общее число заказов}).$$

Уровень затрат (C_{total}):

$$C_{total} = \text{транспортные издержки} + \text{складские}$$

издержки.

Индекс удовлетворенности (CSAT): на основе обратной связи или соблюдения SLA.

ИТ-архитектура через составляющие ее элементы позволяет выстроить информационную инфраструктуру, обеспечивающую создание интегрированной информационной среды [1].

Инструментальное обеспечение и архитектура логистических систем являются основой для эффективного управления цепочками поставок [3].

Таким образом, возникает насущная потребность в разработке информационной подсистемы, специально ориентированной на поддержку принятия решений в управлении клиентскими заказами.

Такая подсистема должна выходить за рамки простой автоматизации, предоставляя аналитические инструменты и прогнозы, помогающие менеджерам логистического отдела принимать обоснованные, оперативные и наиболее выгодные решения на каждом этапе жизненного цикла заказа.

Литература

1. Анисифоров, А.Б. Научные принципы развития архитектуры информационных систем и их реализация в управлении организационно-экономическими преобразованиями на предприятии / А.Б. Анисифоров, А.С. Дубгорн // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 4(39). – С. 31–40. – DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-4-31-40. – EDN: OVVQUP.
2. Денисов, Д.Ю. Развитие систем поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта в менеджменте российских компаний / Д.Ю. Денисов // Экономические системы. – 2021. – Т. 14. – № 4(55). – С. 29–36. – DOI: 10.29030/2309-2076-2021-14-4-29-36. – EDN: SYIXHA.
3. Иванова, Л.Н. Методы оптимизации и алгоритм маршрутизации в транспортной логистике / Л.Н. Иванова, С.Е. Иванов // Экономика. Право. Инновации. – 2024. – № 4. – С. 21–29. – DOI: 10.17586/2713-1874-2024-4-21-29. – EDN: CJPQYS.
4. Искандеров, Ю.М. Формирование и использование интеллектуальной системы поддержки принятия решений в логистических системах / Ю.М. Искандеров, М.Б. Ласкин // Системный анализ в проектировании и управлении. – 2021. – № 3. – С. 302–307. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id21-381. – EDN: CXZHZZG.
5. Лукинский, В.С. Логистика и управление цепями поставок : учебник и практикум для вузов; 2-е изд., перераб. и доп. / В.С. Лукинский, И.А. Цвиринько. – М. : Юрайт, 2024. – 361 с.
6. Морковкин, Д.Е. Развитие механизмов принятия управленческих решений на основе технологий искусственного интеллекта и больших данных / Д.Е. Морковкин, Д.С. Шихалиева, Г.И. Алеева, Т.В. Петрусевич // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17. – № s1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://esj.today/PDF/38FAVN125.pdf>. – EDN: HHXLCG.
7. Пророчук, Ж.А. Перспективные направления развития транспортно-логистической отрасли в контексте цифровой трансформации / Ж.А. Пророчук // Прикладные экономические исследования. – 2024. – № 2. – С. 233–241. – DOI: 10.47576/2949-1908.2024.2.2.026. – EDN: TDCPYR.

References

1. Anisiforov, A.B. Nauchnye printsipy razvitiya arkhitektury informatsionnykh sistem i ikh realizatsiya v upravlenii organizatsionno-ekonomicheskimi preobrazovaniyami na predpriyatii / A.B. Anisiforov, A.S. Dubgorn // Nauchnij zhurnal NIU ITMO. Seriya: Ekonomika i ekologicheskij menedzhment. – 2019. – № 4(39). – S. 31–40. – DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-4-31-40. – EDN: OVVQUP.
2. Denisov, D.YU. Razvitie sistem podderzhki prinyatiya reshenij na osnove iskusstvennogo intellekta v menedzhmente rossijskikh kompanij / D.YU. Denisov // Ekonomicheskie sistemy. – 2021. – T. 14. – № 4(55). – S. 29–36. – DOI: 10.29030/2309-2076-2021-14-4-29-36. – EDN: SYIXHA.
3. Ivanova, L.N. Metody optimizatsii i algoritm marshrutizatsii v transportnoj logistike / L.N. Ivanova, S.E. Ivanov // Ekonomika. Pravo. Innovatsii. – 2024. – № 4. – S. 21–29. – DOI: 10.17586/2713-1874-2024-4-21-29. – EDN: CJPQYS.
4. Iskanderov, YU.M. Formirovanie i ispolzovanie intellektualnoj sistemy podderzhki prinyatiya reshenij v logisticheskikh sistemakh / YU.M. Iskanderov, M.B. Laskin // Sistemnij analiz v proektirovanii i upravlenii. – 2021. – № 3. – S. 302–307. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id21-381. – EDN: CXZHZG.
5. Lukinskij, V.S. Logistika i upravlenie tsepyami postavok : uchebnik i praktikum dlya vuzov; 2-e izd., pererab. i dop. / V.S. Lukinskij, I.A. TSvirinko. – M. : YUrajt, 2024. – 361 s.
6. Morkovkin, D.E. Razvitie mekhanizmov prinyatiya upravlencheskikh reshenij na osnove tekhnologij iskusstvennogo intellekta i bolshikh dannykh / D.E. Morkovkin, D.S. SHikhalieva, G.I. Aleeva, T.V. Petrusevich // Vestnik evrazijskoj nauki. – 2025. – T. 17. – № s1 [Electronic resource]. – Access mode : <https://esj.today/PDF/38FAVN125.pdf>. – EDN: HHXLCG.
7. Prorochuk, ZH.A. Perspektivnye napravleniya razvitiya transportno-logisticheskoy otrasli v kontekste tsifrovoj transformatsii / ZH.A. Prorochuk // Prikladnye ekonomicheskie issledovaniya. – 2024. – № 2. – S. 233–241. – DOI: 10.47576/2949-1908.2024.2.2.026. – EDN: TDCPYR.

© Е.А. Гертер, В.Ю. Кондратьев, 2026

РАЗРАБОТКА ETL ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ

А.В. ГУСЕВ, А.В. АЗАРОВ

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,

г. Москва;

ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева»,

г. Королев

Ключевые слова и фразы: хранилище данных предприятия; единое информационное пространство.

Аннотация: Цель исследования – повышение эффективности взаимодействия между серверами баз данных предприятий, участвующих в разработке ракетно-космической техники, на всех этапах жизненного цикла продукции. Задачи – разработка концепции построения комплексной автоматизированной системы, обеспечивающей интеграцию распределенных хранилищ данных предприятий от этапа производства до поставки готовой продукции потребителю. Методы – системный анализ процессов взаимодействия между серверами баз данных, методы построения распределенных хранилищ данных, подходы к автоматизации интеграции разнородных информационных систем предприятий ракетно-космической отрасли. Результаты – предложена концепция комплексной автоматизированной системы, охватывающей полный жизненный цикл продукции; определены принципы организации эффективного взаимодействия между серверами баз данных предприятий-участников кооперации. Выводы – внедрение предложенной концепции позволит повысить уровень автоматизации при построении распределенных хранилищ данных, обеспечить бесперебойный обмен информацией между предприятиями и снизить риски, связанные с несогласованностью данных на всех этапах жизненного цикла ракетно-космической техники.

Использование компонентов, настроенных под особенности модернизации, формирует новый пласт систем управления – системы управления производством (ERP). Основным отличием данных систем является способность эффективно участвовать в производственном цикле информационных и вычислительных ресурсов при изготовлении ракетно-космической техники. *Enterprise Resource Planning (ERP)* системы основывается логически на связанных программных компонентах, формирующих единую информационную систему, автоматизирующую технологически взаимосвязанные процессы предприятия. Охватывает такие важнейшие аспекты, как стратегическое планирование, финансовый и управленческий учет, мониторинг деятельности и всесторонний анализ результатов [1].

Выбор платформы ERP-системы основыв-

ается на применении передовых технологий, архитектурных решений и методологий. Ввиду стремительного развития технологий архитектура системы приобретает особое значение, поскольку именно она позволяет проводить модернизацию отдельных модулей монолитных систем без прерывания общего функционирования.

Вопрос формирования единого информационного пространства (ЕИП) является важнейшим аспектом и часто упоминается в периодических публикациях. К настоящему моменту многие организации пришли к пониманию, что при объединении систем, осуществляющих автоматизацию производства в единое информационное пространство, можно добиться максимальной отдачи от их использования.

Отметим наибольшую важность данного аспекта на предприятиях ракетно-космической

промышленности, в особенности это относится к подразделениям научно-исследовательских институтов.

Построение единого информационного пространства предприятия является одной из наиболее трудных задач взаимосвязи разнородной информации с единым информационным пространством, т.к. источники являются различными по своей природе. Централизованную систему, агрегирующую данные из разнородных источников, по своей природе называют хранилищем данных предприятия.

Управление, анализ и использование в процессе принятия стратегических решений наиболее важны при разработке корпоративных информационных систем. Рассматривая актуальность в этом контексте, хранилища данных являются консолидированным инструментом объединения разрозненной информации из различных источников в единое, многообразное и структурированное доступное пространство. Выбор использования программного обеспечения хранилищ данных предприятия – это не просто установка программного обеспечения, а правильная организация интеграционных потоков на предприятиях.

Разработка стратегии взаимосвязи интеграционных потоков обеспечивает взаимосвязь технологических процессов, участие в преобразовании и использовании данных в различных [2] автоматизированных информационных системах. Перечислим ключевые причины их важности.

Единое представление информации. Интеграция позволяет устранить разрозненность и противоречивость данных, формируя целостное и достоверное видение бизнеса.

Качество данных. В процессе интеграции данные подвергаются очистке, проверке и обогащению, что существенно повышает их надежность и достоверность.

Доступность данных. Интеграционные потоки обеспечивают своевременное наполнение корпоративных хранилищ данных (КХД), делая данные доступными для аналитиков и пользователей. Структурированные данные в КХД позволяют проводить более информативное исследование [3].

Автоматизация процессов интеграции уменьшает необходимость ручного труда и минимизирует ошибки, что ведет к экономии ресурсов.

Важность при проектировании интеграци-

онных потоков является способность учитывать изменения источников данных и рост объемов информации.

Построение интеграционных процессов требует детализированного участия в процессе планирования и состоит из следующих этапов.

1. Исследование данных из первоисточников. На этом этапе определяются задачи, решаемые с применением интеграции.

2. Выбор архитектуры в интеграционных потоках [4]:

2.1. Выбор подхода: определение роли выбранной стратегии интеграции хранилища данных в зависимости от порядка выполняемых действий при трансформации.

2.2. Разработка модели данных КХД: создание логической и физической моделей данных, соответствующих бизнес-требованиям.

2.3. Формулирование правил трансформации: разработка логики преобразования данных из исходных форматов в формат КХД.

2.4. Планирование расписания загрузки: определение периодичности и времени выполнения процессов.

3. Реализация интеграционных процессов:

3.1. Извлечение данных из связываемых источников.

3.2. Трансформация данных, включающая регламентную проверку, дополнение, преобразование и накопление в соответствии с требованиями технического задания и эскизного проекта.

Жизненный цикл создаваемой информационной системы должен основываться на создании корпоративной информационной системы предприятия, на комплексном подходе, учитывающем объединения разнородной информации из разнообразных источников. Решения осуществляются на подходах, которые обеспечивают сбор, обработку и хранение данных. Критерий выбора подхода преобразования данных является ключевым в разработке системы [5].

На стадии эскизного проектирования можно выделить такой этап, как точное определение исходной информации, поступающей в платформу. Информация доступна из данных реляционной базы, файловых хранилищ, XML-документов, веб-сервисов и прочих программных систем, применяемых в компании. Большое внимание уделяется оценке качества поступающей информации из каждого источника, выявлению неточностей, дубликатов и пропусков. Параллельно происходит разработ-

ка модели будущего хранилища, определяющая его структуру, логические взаимосвязи и значение данных [6].

Далее следуют процессы извлечения (*Extract*), преобразования (*Transform*) и загрузки (*Load*), общеизвестные как **ETL** [7]. Извлечение данных производится с помощью специализированного программного обеспечения, способного осуществлять подключение к различным источникам и получать необходимую информацию. Трансформация включает очистку, агрегацию, обогащение и изменение формата данных согласно требованиям целевого хранилища. Этот этап часто оказывается наиболее трудоемким, требуя досконального знания бизнес-процессов и правил обработки информации. Финальная стадия – это загрузка, которая заключается в записи обработанных в хранилище. Важным аспектом является оптимизация скорости обеспечения обновления информации. Используются такие инструменты, как *Informatica*, *Talend*, *SSIS*, а также платформы для интеграции данных, играют значимую роль в автоматизации и контроле этих операций, гарантируя стабильность и масштабируемость.

Интеграционные потоки не ограничиваются кратковременной настройкой. Информационная система должна предусматривать механизмы мониторинга и контроля. Выявление сбоев и автоматическое оповещение ответственных лиц позволяют оперативно реагировать на возникающие проблемы с учетом метрики производительности, такие как время выполнения. Исследование метрик способствует дальнейшей оптимизации интеграционных потоков, способствует повышению эффективности.

Современные технологии позволяют применять новые подходы к интеграции данных. Подход *ETL* предполагает использование преобразованных данных в целевое хранилище, а затем их трансформацию внутри самого хранилища, используя его вычислительные мощности. *ELT* особенно эффективен при работе с большими объемами данных и в облачных средах, где вычислительные ресурсы для трансформации наиболее важны. Любые модификации в исходных системах – добавление и редактирование полей, изменение данных в таблицах – влияют на интеграционные потоки. Требуется четкий процесс управления изменениями, включающий тестирование и обновление *ETL*-скриптов, чтобы гарантировать бесперебойную работу КХД при эволюции исходных

систем.

Безопасность информации на всех этапах в процессе интеграции – еще один критически важный элемент. Необходимо обеспечить защиту от несанкционированного доступа при ее извлечении, передаче, трансформации и загрузке. Использование шифрования, систем ролевого доступа и аудита действий пользователей являются необходимыми компонентами надежной системы интеграционных потоков. Создание и поддержка интеграционных потоков для корпоративных хранилищ данных – это непрерывный процесс, использующий комплексный подход, включающий тщательное планирование, выбор адекватных инструментов, контроль за изменениями в управлении и обеспечение безопасности. Это основа, на которой строится ценность КХД как источника надежной информации для принятия бизнес-решений.

Одним из ключевых факторов в производстве ракетно-космической техники является выбор надежных и высокофункциональных систем управления производственными процессами.

Основным аспектом автоматизации производственных процессов является полнота автоматизации, учитывающая деятельность предприятия, начиная от поступления материалов и заканчивая поставкой продукции. Объединение разрозненных производственных цепочек в единый информационный поток. Информация, поступающая в разрозненные базы данных, становится общедоступной на различных этапах жизненного цикла производственного процесса.

Гибкость и адаптивность ИТ-среды: возможность легкого подключения новых ИТ-систем по мере роста потребностей бизнеса. Механизмы информационной платформы должны минимизировать ошибку ввода данных и обеспечить функционально-логический контроль при проверке загружаемых данных.

Для обеспечения высокой эффективности и безопасности при изготовлении ракетно-космической техники первостепенное значение имеет бесперебойная работа и полнофункциональность автоматизированных систем, отвечающих за учет производственной деятельности. Результат автоматизации зависит от различных аспектов построения информационного потока и сведений, участвующих при работе предприятия на различных этапах.

Интеграция данных в единую информационную среду достигается благодаря при-



Рис. 1. Интеграционная структура обмена

менению специализированных программных решений. В современных условиях многократного повышения производственных мощностей модернизация и масштабирование существующего программного обеспечения становятся нерациональными. Необходимость использования создания централизованного хранилища данных нивелирует возможные ограничения, связанные со снижением производительности системы планирования ресурсов. Важность использования таких систем особенно критична на ракетно-космических предприятиях [3].

В качестве унифицированного инструмента для обмена электронными данными между различными системами предлагается использовать корпоративную шину данных (ESB). Этот механизм выступает в роли фундамента интеграционного слоя системной архитектуры Единой Информационной Платформы (ЕИП). Российское программное обеспечение уверенно занимает свою нишу на рынке, составляя достойную конкуренцию зарубежным продуктам. Особенно хочется отметить программные платформы: 1С:Предприятие 8 с интеграционными модулями, «Миро», «Галактика», *DARTAREON Platform*. При выборе программного решения стоит провести оценку распределенности, интегрированности с облачными платформами (*AWS*, *Yandex.Cloud*, *СБИС Cloud*). Наличие собственной системы управления событиями и реактивного потока данных позволяет оперативно реагировать на изменения в исходных системах, исключая необходимость их постоянно-

го опроса (рис. 1).

В отличие от самостоятельных решений, использующих стандарт *SOAP* или *REST API*, шина данных участвует в интеграционном процессе, связанном с управлением данными. Платформа должна поддерживать как традиционные протоколы (*HTTP/S*, *AMQP*, *JMS*), так и технологии обмена данными (*RabbitMQ*, *Kafka*). Это обеспечивает высокую степень адаптивности к изменяющимся требованиям к масштабируемости и отказоустойчивости.

Отметим важность сервиса обработки процессов в разрабатываемой системе, отвечающего за всю вычислительную логику в процессах и маршрутах. Для предотвращения задержек в обработке сообщений в кластере предусмотрена возможность создания разнородных сервисов (не более одного на каждом сервере). Шина данных определяет длину очереди из сообщений и в случае, если очередь превышает установленное в настройках значение, перенаправляет ее другому сервису. При возникновении отказа в системе какого-либо узла кластера платформа пытается установить связь с отказавшим элементом посредством различных управляющих элементов информационной системы. Выбор интеграционной платформы обусловлен предоставлением набора инструментов, применяемым в процессе объединения информационных потоков из разнообразных источников, к примеру, баз данных, бизнес-приложений, сетевых и веб-сервисов, а также сетевого оборудования.

Литература

1. О'Лири, Д. ERP системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. Выбор, внедрение, эксплуатация / Д. О'Лири. – М. : Вершина, 2004. – 272 с.
2. Граничин, О.Н. Информационные технологии в управлении / О.Н. Граничин. – М. : Интуит НОУ, 2016. – 282 с.
3. Долматова, М.А. Анализ структуры корпоративного хранилища данных для банковского приложения / М.А. Долматова // Современные информационные технологии. – ВГУ ПММ ПОиА-ИС. – 2022. – Т. 5(2022). – С. 85–88.
4. Inmon, W.H. Building the Data Warehouse, Fourth Edition / W.H. Inmon. – Wiley Publishing Inc, 2005. – 343 p.
5. Старков, В.В. Разработка ETL процесса на базе open source технологий для решения задачи доставки данных потребителям / В.В. Старков, С.С. Горбатова, В.И. Водолага // Моделирование и анализ данных. – 2023. – Т. 13. – № 2. – С. 180–193. – DOI: 10.17759/mda.2023130210. – EDN: ZSQHUP.
6. Конаков, П.О. Разработка архитектуры системы управления информационными ресурсами в рамках модели хранилища данных DATA VAULT 2.0 / П.О. Конаков, Т.Е. Смоленцева // Столыпинский вестник. – 2022. – № 8.
7. Кригер, А.Б. Хранилища данных и их использование : хрестоматия / А.Б. Кригер; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2017. – 120 с.

References

1. O'Liri, D. ERP sistemy. Sovremennoe planirovanie i upravlenie resursami predpriyatiya. Vybor, vnedrenie, ekspluatatsiya / D. O'Liri. – M. : Vershina, 2004. – 272 s.
2. Granichin, O.N. Informatsionnye tekhnologii v upravlenii / O.N. Granichin. – M. : Intuit NOU, 2016. – 282 s.
3. Dolmatova, M.A. Analiz struktury korporativnogo khranilishcha dannykh dlya bankovskogo prilozheniya / M.A. Dolmatova // Sovremennyye informatsionnye tekhnologii. – VGU PMM POiAIS. – 2022. – T. 5(2022). – S. 85–88.
5. Starkov, V.V. Razrabotka ETL protsessa na baze open source tekhnologij dlya resheniya zadachi dostavki dannykh potrebitelyam / V.V. Starkov, S.S. Gorbatova, V.I. Vodolaga // Modelirovanie i analiz dannykh. – 2023. – T. 13. – № 2. – S. 180–193. – DOI: 10.17759/mda.2023130210. – EDN: ZSQHUP.
6. Konakov, P.O. Razrabotka arkhitektury sistemy upravleniya informatsionnymi resursami v ramkakh modeli khranilishcha dannykh DATA VAULT 2.0 / P.O. Konakov, T.E. Smolentseva // Stolypinskij vestnik. – 2022. – № 8.
7. Kriger, A.B. Khranilishcha dannykh i ikh ispolzovanie : khrestomatiya / A.B. Kriger; Vladivostokskij gosudarstvennij universitet ekonomiki i servisa. – Vladivostok : Izd-vo VGUES, 2017. – 120 s.

© А.В. Гусев, А.В. Азаров, 2026

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ СИСТЕМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Е.М. ДВОРНИКОВА, С.В. НИКОЛАЕВА

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: модель; функция; оптимизация; регрессионный анализ; коэффициент детерминации; критерий Фишера; сублимационная сушка; *Python*.

Аннотация: Объектом исследования является сублимационная сушка кисломолочных продуктов. Функционально-технологическими показателями считаются: температура сушки, длительность сублимации и выживаемость кисломолочных бактерий. Наблюдается следующая закономерность: при понижении температуры сушки возрастает выживаемость кисломолочных бактерий.

Существует проблема определения оптимального температурного режима проведения лиофильной сушки.

Целью данного исследования является разработка системы выявления зависимостей функционально-технологических показателей.

В статье рассматривается аналитическая часть системы. Создание данного модуля проведено на языке *Python*. Для определения коэффициентов математических моделей использована библиотека *NumPy*, для статистического анализа – *SciPy*. Проведена программная реализация процесса получения зависимостей выживаемости бактерий и длительности сублимации от температуры сушки. На основании экспериментальных данных система строит линейную, квадратичную и экспоненциальную модели, после анализа которых выявляется наиболее точно описывающая зависимость функционально-технологических показателей. Определяется оптимальный температурный режим сублимационной сушки.

Сублимационная сушка – процесс избавления продукта от влаги – перспективный способ консервации для дальнейшей переработки и транспортировки продукта. Функционально-технологическими показателями сушки кисломолочных продуктов, рассматриваемых в данном исследовании, являются температура, длительность сублимации и выживаемость кисломолочных бактерий [1; 3].

Основная задача работы, представляющая собой подбор оптимального температурного режима, связанного с длительностью процесса и выживаемостью бактерий в конечном продукте, между которыми необходимо соблюсти баланс [4], в настоящее время решается только эмпирическим путем.

Научной новизной настоящего исследова-

ния является разработанная авторами статьи система, позволяющая по экспериментальным данным рассчитать необходимый режим сублимационной сушки.

Рассмотрим более подробно принцип работы данной системы.

1. Пользователь вводит экспериментальные данные: температуру, длительность сублимационной сушки, выживаемость кисломолочных бактерий в конечном продукте.

2. На основании введенных данных система выдает математические зависимости выживаемости бактерий и длительности сублимации от температуры сушки. Рассматриваются линейная, квадратичная и экспоненциальная модели.

3. Рассчитываются показатели адекватно-

сти полученных моделей: коэффициент детерминации, F -критерий Фишера, среднеквадратичная ошибка, по которым система определяет наилучшую модель.

4. Для визуализации полученных закономерностей экспериментальные данные нормируются.

5. Рассчитывается оптимальный температурный режим.

Разработка аналитической части проводилась на языке *Python* [5–7]. Для реализации математических операций, вычисления статистических показателей, работы с векторами данных и проведения матричных вычислений при определении коэффициентов моделей использовалась библиотека *NumPy* [8; 9]. Для анализа экспериментальных данных, в частности расчета F -критерия Фишера, использовался статистический модуль *stats* в составе библиотеки *SciPy* [10]. Визуализация результатов анализа реализована с использованием библиотеки *Matplotlib* [11].

В разрабатываемом аналитическом модуле математическое моделирование реализовано в трех функциях [12], каждая из которых описывает получение определенного типа зависимости (Листинг 1): функция *linear* (x, a, b) необходима для получения линейной зависимости [13]; *polynomial* (x, a, b, c) – квадратичной модели; *exponential* (x, a, b) описывает экспоненциальную зависимость показателей.

Листинг 1. Методы определения моделей

```
def linear(x, a, b):
    return a * x + b
def polynomial(x, a, b, c):
    return a * x**2 + b * x + c
def exponential(x, a, b):
    return a * np.exp(b * x)
```

Для расчета коэффициентов линейной зависимости используем метод наименьших квадратов. Этот алгоритм реализован в функции *calculate_linear_coefficients* (x, y) (Листинг 2).

Листинг 2. Метод расчета коэффициентов линейной модели

```
def calculate_linear_coefficients(x, y):
    n = len(x)
    x_sum = np.sum(x)
    y_sum = np.sum(y)
    x2_sum = np.sum(x**2)
```

```
xy_sum = np.sum(x*y)
a = (n*xy_sum - x_sum*y_sum) /
(n*x2_sum - x_sum**2)
b = (y_sum - a*x_sum) / n
return a, b
```

Расчет коэффициентов квадратичной модели реализован с помощью решения расширенной системы уравнений. Программная реализация данного процесса отображена в Листинге 3.

Листинг 3. Метод расчета коэффициентов полиномиальной модели

```
def calculate_polynomial_coefficients(x, y):
    n = len(x)
    x_sum = np.sum(x)
    y_sum = np.sum(y)
    x2_sum = np.sum(x**2)
    x3_sum = np.sum(x**3)
    x4_sum = np.sum(x**4)
    xy_sum = np.sum(x*y)
    x2y_sum = np.sum((x**2)*y)
    A = np.array([
        [n, x_sum, x2_sum],
        [x_sum, x2_sum, x3_sum],
        [x2_sum, x3_sum, x4_sum]
    ])
    B = np.array([y_sum, xy_sum, x2y_sum])
    coeffs = np.linalg.solve(A, B)
    return coeffs[2], coeffs[1], coeffs[0]
```

Расчет коэффициентов экспоненциальной зависимости осуществляется путем приведения ее к линейному виду с помощью логарифмирования. Реализация данного алгоритма на языке *Python* отображена на Листинге 4.

Листинг 4. Метод расчета коэффициентов экспоненциальной модели

```
def calculate_exponential_coefficients(x, y):
    Y = np.log(y)
    n = len(x)
    Y_sum = np.sum(Y)
    x_sum = np.sum(x)
    x2_sum = np.sum(x**2)
    xY_sum = np.sum(x*Y)
    b = (n*xY_sum - x_sum*Y_sum) /
(n*x2_sum - x_sum**2)
    A = (Y_sum - b*x_sum) / n
```

```
a = np.exp(A)
return a, b
```

Адекватность каждой модели демонстрируется коэффициентом детерминации, средне-квадратичной ошибкой и F -критерием Фишера. Программная реализация данного действия отображена в методе *evaluate_model* (Листинг 5).

Листинг 5. Метод оценки качества моделей

```
def evaluate_model(y_true, y_pred, k):
    n = len(y_true)
    y_mean = np.mean(y_true)
    ss_tot = np.sum((y_true - y_mean) ** 2)
    variance = np.var(y_true)
    ss_res = np.sum((y_true - y_pred) ** 2)
    r2 = 1 - ss_res / ss_tot
    mse = ss_res / n
    ssr = np.sum((y_pred - y_mean) ** 2)
    k2 = n - k - 1
    f_stat = (ssr / k) / (ss_res / k2)
    f_crit = stats.f.ppf(0.95, k, k2)
    return {
        'SSR': ssr,
        'SS_res': ss_res,
        'R2': r2,
        'MSE': mse,
        'Variance': variance,
        'F_stat': f_stat,
        'F_crit': f_crit,
        'is_good': r2 >= 0.9 and
mse / variance <= 0.1 and f_stat >
f_crit
    }
```

Сравнение полученных в методе *evaluate_model* показателей – определение зависимости с наибольшим коэффициентом детерминации – представлено в Листинге 6.

Листинг 6. Метод сравнения моделей

```
def compare_models(models_metrics,
model_names):
    results = {
        'R2_best': '',
        'MSE_VAR_best': '',
        'F_stat_best': '',
        'overall_best': ''
    }
```

```
max_r2 = -float('inf')
for name in model_names:
    if models_metrics[name]
['R2'] > max_r2:
        max_r2 = models_
metrics[name]['R2']
        results['R2_best'] = name
min_mse_var = float('inf')
for name in model_names:
    mse_var = models_
metrics[name]['MSE'] / models_
metrics[name]['Variance']
    if mse_var < min_mse_var:
        min_mse_var = mse_var
        results['MSE_VAR_best'] =
name
max_f_ratio = -float('inf')
for name in model_names:
    f_ratio = models_
metrics[name]['F_stat'] / models_
metrics[name]['F_crit']
    if f_ratio > max_f_ratio:
        max_f_ratio = f_ratio
        results['F_stat_best'] =
name
votes = {}
for name in model_names:
    votes[name] = 0
    votes[results['R2_best']] += 1
    votes[results['MSE_VAR_best']]
+= 1
    votes[results['F_stat_best']]
+= 1
max_votes = max(votes.values())
winners = [name for name, vote
in votes.items() if vote == max_
votes]
results['overall_best'] =
winners[0] if len(winners) == 1
else 'Нет явного победителя'
return results
```

На основе полученных уравнений строим графики. Учитывая, что длительность сублимации и выживаемость бактерий имеют разную размерность, проводим нормализацию данных (Листинг 7).

Листинг 7. Класс нормализации экспериментальных данных

```
class DataNormalizer:
    def __init__(self, y1, y2):
        self.y1_max = np.max(y1)
```

```

self.y1_min = np.min(y1)
self.y2_max = np.max(y2)
self.y2_min = np.min(y2)
print («\nГраницы нормализа-
ции:»))
print (f«Выживаемость :
{self.y1_min:.1f}% - {self.y1_
max:.1f}%»)
print (f«Длительность: {self.
y2_min:.1f}ч - {self.y2_max:.1f}ч»)
def normalize_y1(self, y):
    return (y - self.y1_min) /
(self.y1_max - self.y1_min)
def normalize_y2(self, y):
    return (self.y2_max - y) /
(self.y2_max - self.y2_min)
def denormalize_y1(self, y_
norm):
    return y_norm * (self.y1_max
- self.y1_min) + self.y1_min
def denormalize_y2(self, y_
norm):

```

```

return self.y2_max - y_norm
* (self.y2_max - self.y2_min)

```

Задача, которую решает разработанная система, – расчет оптимальной температуры сублимационной сушки. Для этого в методе *find_intersection* реализован способ нахождения точки пересечения нормализованных функций.

Функцией, в которой происходит обращение ко всем вычислительным модулям, является *analyze_data*. В ней последовательно выполняются все описанные выше действия. В результате получают структурированные данные, которые в дальнейшем используются при реализации пользовательского модуля системы [14–16], где происходит визуализация вычислений в текстовом и графическом виде [17; 18].

Полученная аналитическая часть системы может быть адаптирована для работы с экспериментальными данными сублимационной сушки любых видов продуктов [19; 20].

Литература

1. Краснова, И.С. Кисломолочные сублимированные продукты питания для населения, работающего в условиях Крайнего Севера / И.С. Краснова, Г.В. Семенов, Ж.Л. Гучок // Российская Арктика. – 2022. – № 19. – С. 61–67. – DOI: 10.24412/2658_4255_2022_4_61_67. – EDN: QRVEIZ.
2. Дворникова, Е.М. Визуализация и анализ экспериментальных данных на основе компьютерных методов обработки информации / Е.М. Дворникова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2025. – № 6. – С. 61–64. – EDN: KZVWBQ.
3. Дворникова, Е.М. Анализ функционально-технологических показателей методами компьютерной обработки данных / Е.М. Дворникова, С.В. Николаева // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности: XXIX Международная конференция, XXVII Международный конкурс научных и научно-методических работ, IV Международный конкурс «Нейросетевой рисунок»: сборник трудов. – М.: Экон-Информ, 2024. – С. 29–31. – EDN: СКJJAR.
4. Дворникова, Е.М. Математическое обеспечение системы оптимизации процесса сублимации продуктов / Е.М. Дворникова, С.В. Николаева, О.Р. Параскевопуло // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 9. – С. 83–85. – EDN: HHVIMH.
5. Алпатов, А.В. Работа с массивами и табличными данными на языке Python : 1 изд. / А.В. Алпатов. – Волжский : Волгоградский государственный технический университет, 2024. – 76 с. – EDN: OYTMAK.
6. Антао, Т. Сверхбыстрый Python: руководство : 1 изд. / Т. Антао. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 370 с.
7. Гришков, Д.Ю. Язык высокого уровня программирования Python / Д.Ю. Гришков, Н.М. Аусилова // Наука и реальность. – 2022. – № 1(9). – С. 114–117. – EDN: OKOJBN.
8. Маккинни, У. Python и анализ данных. Первичная обработка данных с применением pandas, NumPy и Jupiter : справочник; 3 изд. / У. Маккинни. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 536 с.
9. Титов, А.Н. Основы работы с библиотекой NumPy : учебно-метод. пособие; 1 изд. / А.Н. Титов, Р.Ф. Тазиева. – Казань : КНИТУ, 2024. – 112 с. – ISBN: 978-5-7882-3470-0. – EDN: WNPCKK.
10. Мальцева, В.А. Обзор пакетов для прогнозирования и анализа данных / В.А. Мальцева // Математическое моделирование и информационные технологии : сборник материалов VI Все-

русской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию профессора Е.И. Михайловского и 70-летию профессора В.Л. Никитенкова, Сыктывкар, 10–11 ноября 2022 года. – Сыктывкар : Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, 2022. – С. 14–15.

11. Федотова, М.С. Обзор информационных систем на языке Python в государственном управлении / М.С. Федотова, Н.Н. Барышева // Наука и образование. – 2022. – № 2. – EDN: BVEVXB.

12. Дворникова, Е.М. Математическое моделирование процесса сублимационной сушки / Е.М. Дворникова // Инновационные технологии современной научной деятельности: стратегия, задачи, внедрение : сборник статей и тезисов Международной научно-практической конференции, Волгоград, 02 апреля 2026 года. – Уфа : Омега сайнс, 2026. – С. 46–48. – EDN: GQOERJ.

13. Дворникова, Е.М. Обработка экспериментальных данных методом многофакторной линейной регрессии / Е.М. Дворникова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 12. – С. 125–128. – EDN: PZNGSQ.

14. Дворникова, Е.М. Проектирование пользовательского интерфейса системы оптимизации сублимационной сушки / Е.М. Дворникова // Кросс-дисциплинарные исследования как основа инновационного развития в санкционных условиях : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 13 апреля 2026 года. – Уфа : Аэтерна, 2026. – С. 23–25. – EDN: XMLSIV.

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026661034 Российская Федерация. Программа для выбора рациональных режимов сублимационной сушки кисломолочных продуктов: заявл. 07.04.2026: опубл. 16.04.2026 / Е.М. Дворникова, А.В. Тесля, И.С. Краснова. – EDN: PZMLJM.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025688433 Российская Федерация. Система выявления закономерностей в экспериментальных данных. Клиентская часть: заявл. 19.09.2025: опубл. 21.10.2025 / Е.М. Дворникова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет». – EDN: AVPGHB.

17. Дворникова, Е.М. Анализ показателей биотехнологических сред на основе компьютерных методов обработки информации / Е.М. Дворникова // Инженерные технологии. – 2025. – № 1(9). – С. 15–21. – EDN: RTSQSF.

18. Дворникова, Е.М. Визуализация и анализ экспериментальных данных на основе компьютерных методов обработки информации / Е.М. Дворникова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2025. – № 6. – С. 61–64. – EDN: KZVWBQ.

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025686354 Российская Федерация. Система выявления закономерностей в экспериментальных данных. Серверная часть: заявл. 19.09.2025: опубл. 01.10.2025 / Е.М. Дворникова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет». – EDN: XWCJNO.

20. Красуля, О.Н. Математическое моделирование рецептов и технологий производства пищевых продуктов / О.Н. Красуля, А.Е. Краснов, С.В. Николаева, А.В. Токарев. – СПб. : ГИОРД, 2024. – 352 с. – ISBN: 978-5-98879-227-7. – EDN: MULPFG.

References

1. Krasnova, I.S. Kislomolochnye sublimirovannye produkty pitaniya dlya naseleniya, rabotayushchego v usloviyakh Krajnego Severa / I.S. Krasnova, G.V. Semenov, ZH.L. Guchok // Rossijskaya Arktika. – 2022. – № 19. – S. 61–67. – DOI: 10.24412/2658_4255_2022_4_61_67. – EDN: QRVEIZ.

2. Dvornikova, E.M. Vizualizatsiya i analiz eksperimentalnykh dannykh na osnove kompyuternykh metodov obrabotki informatsii / E.M. Dvornikova // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzhya. – 2025. – № 6. – S. 61–64. – EDN: KZVWBQ.

3. Dvornikova, E.M. Analiz funktsionalno-tehnologicheskikh pokazatelej metodami kompyuternoj obrabotki dannykh / E.M. Dvornikova, S.V. Nikolaeva // Sovremennye informatsionnye tekhnologii

v obrazovanii, nauke i promyshlennosti: XKHIX Mezhdunarodnaya konferentsiya, XKHVII Mezhdunarodnij konkurs nauchnykh i nauchno-metodicheskikh работ, IV Mezhdunarodnij konkurs «Nejrosetevoj risunok»: sbornik trudov. – M.: Ekon-Inform, 2024. – S. 29–31. – EDN CKJJAP.

4. Dvornikova, E.M. Matematicheskoe obespechenie sistemy optimizatsii protsessa sublimatsii produktov / E.M. Dvornikova, S.V. Nikolaeva, O.R. Paraskevopulo // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzhya. – 2024. – № 9. – S. 83–85. – EDN: HHVIMH.

5. Alpatov, A.V. Rabota s massivami i tablichnymi dannymi na yazyke Python: 1 izd. / A.V. Alpatov. – Volzhskij: Volgogradskij gosudarstvennij tekhnicheskij universitet, 2024. – 76 s. – EDN: OYTMAK.

6. Antao, T. Sverkhbystrij Python: rukovodstvo: 1 izd. / T. Antao. – M.: DMK Press, 2023. – 370 s.

7. Grishkov, D.YU. YAzyk vysokogo urovnya programmirovaniya Python / D.YU. Grishkov, N.M. Ausilova // Nauka i realnost. – 2022. – № 1(9). – S. 114–117. – EDN: OKOJBN.

8. Makkinni, U. Python i analiz dannykh. Pervichnaya obrabotka dannykh s primeneniem pandas, NumPy i Jupiter: spravochnik; 3 izd. / U. Makkinni. – M.: DMK Press, 2023. – 536 s.

9. Titov, A.N. Osnovy raboty s bibliotekoj NumPy: uchebno-metod. posobie; 1 izd. / A.N. Titov, R.F. Tazieva. – Kazan: KNITU, 2024. – 112 s. – ISBN: 978-5-7882-3470-0. – EDN: WNPCKK.

10. Maltseva, V.A. Obzor paketov dlya prognozirovaniya i analiza dannykh / V.A. Maltseva // Matematicheskoe modelirovanie i informatsionnye tekhnologii: sbornik materialov VI Vserossijskoj nauchnoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 85-letiyu professora E.I. Mikhajlovskogo i 70-letiyu professora V.L. Nikitenkova, Syktyvkar, 10–11 noyabrya 2022 goda. – Syktyvkar: Syktyvskarskij gosudarstvennij universitet im. Pitirima Sorokina, 2022. – S. 14–15.

11. Fedotova, M.S. Obzor informatsionnykh sistem na yazyke Python v gosudarstvennom upravlenii / M.S. Fedotova, N.N. Barysheva // Nauka i obrazovanie. – 2022. – № 2. – EDN: BVEVXB.

12. Dvornikova, E.M. Matematicheskoe modelirovanie protsessa sublimatsionnoj sushki / E.M. Dvornikova // Innovatsionnye tekhnologii sovremennoj nauchnoj deyatel'nosti: strategiya, zadachi, vnedrenie: sbornik statej i tezisov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Volgograd, 02 aprelya 2026 goda. – Ufa: Omega sajns, 2026. – S. 46–48. – EDN: GQOERJ.

13. Dvornikova, E.M. Obrabotka eksperimentalnykh dannykh metodom mnogofaktornoj linejnoj regressii / E.M. Dvornikova // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzhya. – 2024. – № 12. – S. 125–128. – EDN: PZNGSQ.

14. Dvornikova, E.M. Proektirovanie polzovatel'skogo interfejsa sistemy optimizatsii sublimatsionnoj sushki / E.M. Dvornikova // Kross-distiplinarnye issledovaniya kak osnova innovatsionnogo razvitiya v sanktsionnykh usloviyakh: sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Irkutsk, 13 aprelya 2026 goda. – Ufa: Aeterna, 2026. – S. 23–25. – EDN: XMLSIV.

15. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EVM № 2026661034 Rossijskaya Federatsiya. Programma dlya vybora ratsionalnykh rezhimov sublimatsionnoj sushki kislomolochnykh produktov: zayavl. 07.04.2026: opubl. 16.04.2026 / E.M. Dvornikova, A.V. Teslya, I.S. Krasnova. – EDN: PZMLJM.

16. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EVM № 2025688433 Rossijskaya Federatsiya. Sistema vyvavleniya zakonomernostej v eksperimentalnykh dannykh. Klientskaya chast: zayavl. 19.09.2025: opubl. 21.10.2025 / E.M. Dvornikova; zayavitel' Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «MIREA – Rossijskij tekhnologicheskij universitet». – EDN: AVPGHB.

17. Dvornikova, E.M. Analiz pokazatelej biotekhnologicheskikh sred na osnove kompyuternykh metodov obrabotki informatsii / E.M. Dvornikova // Inzhenernye tekhnologii. – 2025. – № 1(9). – S. 15–21. – EDN: RTSQSF.

18. Dvornikova, E.M. Vizualizatsiya i analiz eksperimentalnykh dannykh na osnove kompyuternykh metodov obrabotki informatsii / E.M. Dvornikova // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzhya. – 2025. – № 6. – S. 61–64. – EDN: KZVWBQ.

19. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EVM № 2025686354 Rossijskaya Federatsiya. Sistema vyvavleniya zakonomernostej v eksperimentalnykh dannykh. Servernaya chast:

zayavl. 19.09.2025: opubl. 01.10.2025 / E.M. Dvornikova; zayavitel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «MIREA – Rossijskij tekhnologicheskij universitet». – EDN: XWCJNO.

20. Krasulya, O.N. Matematicheskoe modelirovanie retseptur i tekhnologij proizvodstva pishchevykh produktov / O.N. Krasulya, A.E. Krasnov, S.V. Nikolaeva, A.V. Tokarev. – SPb. : GIOR, 2024. – 352 s. – ISBN: 978-5-98879-227-7. – EDN: MULPFG.

© Е.М. Дворникова, С.В. Николаева, 2026

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАКУПКАМИ

В.В. ДЬЯЧКОВА, Е.С. КОВАЛЕНКО

ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет»,
г. Алчевск

Ключевые слова и фразы: металлургия; нейросетевые модели; система поддержки принятия решений; управление закупками; экспертная информация.

Аннотация: Целью исследования является разработка методики обработки экспертной информации в системе поддержки принятия решений (СППР) для управления закупками на металлургическом предприятии. Задачи исследования включают: определение видов экспертной информации; разработку процедур событийно-ориентированного ввода, формализации и интеграции экспертных суждений в нейросетевой контур СППР; реализацию интерпретируемого вывода результатов. Гипотеза исследования состоит в том, что формализованная обработка экспертной информации и ее интеграция в нейросетевые модели позволяют компенсировать их принципиальные ограничения без переобучения моделей. Методы исследования включают: аппарат нечетких множеств для преобразования лингвистических оценок; алгоритмы постобработки выходных слоев *MLP* на основе пороговых правил и правил-исключений; механизм корректировки прогнозов *LSTM* с помощью поправочных коэффициентов. Результаты подтверждают, что интеграция экспертной информации позволяет компенсировать недостатки нейросетевых моделей: снизить чувствительность к выбросам, учесть редкие события и обеспечить адаптацию к изменяющимся условиям без переобучения.

В последние годы для решения задач прогнозирования, классификации и оптимизации в закупочной деятельности металлургического предприятия все чаще применяются нейросетевые модели: многослойные перцептроны (*MLP*) для оценки контрагентов и рекуррентные сети *LSTM* для прогнозирования объемов закупок. Эти модели демонстрируют высокую точность при работе с большими объемами структурированных исторических данных. Однако их применение в управлении закупками металлургического предприятия ограничено рядом факторов:

- чувствительностью к выбросам и редким событиям, отсутствовавшим в обучающей выборке, что приводит к некорректным прогнозам;
- неполнотой информации о новых контрагентах, когда количественные признаки недоступны или недостоверны, однако у эксперта-

закупщика могут быть качественные сведения, которые модель не в состоянии учесть;

- игнорированием качественных факторов (рыночные ожидания), которые существуют только в виде неформализованных суждений.

Эти ограничения делают необходимым привлечение экспертов – специалистов, обладающих знанием отраслевой специфики, текущей ситуации на рынке, технологических особенностей производства и неформальных аспектов взаимодействия с контрагентами. К числу таких экспертов на металлургическом предприятии относятся: начальник отдела закупок, главный металлург, начальник транспортного цеха и юрист.

Однако экспертные знания существуют в неформализованном виде – в виде суждений, оценок, эвристических правил. Их обработка является ключевой задачей для построения эффективной СППР и позволяет повысить адап-

тивность и обоснованность решений в условиях неопределенности.

Цель настоящего исследования – разработка методики обработки экспертной информации в СППР для управления закупками на металлургическом предприятии, обеспечивающей интеграцию экспертных знаний в нейросетевые модели оценки надежности контрагентов и прогнозирования объема закупок.

Исследование проводилось на базе внутренних данных металлургического предприятия ООО «ЮГМК» (г. Алчевск) за период 2022–2026 гг. В рамках данной работы рассматривается нейросетевой контур разработанной СППР, в который включены модели, ранее разработанные и апробированные авторами:

- модель оценки надежности контрагентов – многослойный перцептрон (*MLP*) с 15 входными признаками и 2 скрытыми слоями (32 и 16 нейронов). Модель классифицирует поставщиков на «надежных» и «ненадежных» с точностью 89 % и *ROC-AUC* 0,92 [1];

- модель прогнозирования объемов закупок – рекуррентная сеть *LSTM* с 15 входными признаками и двумя слоями (64 и 32 нейрона). Модель обеспечивает *MAPE* 2,2 % на горизонте 1–3 месяца [2].

В рамках разработанной методики предлагается использовать следующие виды экспертной информации:

- лингвистические оценки категориальных признаков. При отсутствии или неполноте количественных данных о новом контрагенте эксперт может оценить его. И эти оценки замещают недостающие числовые значения во входном векторе *MLP*;

- пороговые правила классификации. Эксперт устанавливает минимально допустимую вероятность надежности отдельно для стратегического и второстепенного сырья;

- правила-исключения. Эксперт может заблокировать конкретного поставщика на основе имеющейся информации;

- поправочные коэффициенты к прогнозу. При наступлении событий, отсутствовавших в обучающей выборке, эксперт оценивает ожидаемое отклонение фактической потребности от прогноза *LSTM*;

- качественные прогнозы рыночной конъюнктуры. Эта информация преобразуется в корректировку прогноза *LSTM* и/или страхового запаса.

Работа с экспертной информацией проис-

ходит в модуле «Экспертная настройка» СППР, который включает пять специализированных элементов интерфейса для каждого вида информации:

- шкала лингвистических оценок (пять градаций: от «очень низкой» до «очень высокой») – для оценки категориальных признаков;

- регулятор порогов вероятности (диапазон 0,5–1,0) – для установки индивидуальных порогов надежности по видам сырья. Интерфейс визуализирует, сколько поставщиков будет допущено или отклонено при текущем значении;

- форма поправочных коэффициентов – выбор типового сценария (отключение электроэнергии, нарушение логистики, авария) и ввод коэффициента к прогнозу *LSTM*;

- форма для задания правил-исключений – ввод блокирующих условий в формате «ЕСЛИ – ТО». Правила имеют наивысший приоритет при формировании итогового решения;

- форма для ввода качественных прогнозов – указание ожидаемых изменений рыночной конъюнктуры на выбранный период и ввод коэффициента к прогнозу *LSTM*.

Вся введенная информация сохраняется в базе знаний СППР с метками времени и типа сырья для анализа истории экспертных решений.

Предлагаемая авторами методика включает три последовательных этапа.

На первом этапе происходит ввод экспертной информации на основе событийно-ориентированного подхода. Вместо непрерывного экспертного сопровождения СППР автоматически идентифицирует ситуации неопределенности и инициирует запрос к эксперту только при их наступлении. Выделяются три вида триггеров, по которым система формирует запрос:

- новый контрагент – при внесении поставщика, отсутствовавшего в базе, *MLP* не имеет достаточной статистики для классификации. СППР запрашивает у эксперта оценку репутации и рекомендуемый порог допуска, без ответа контрагент не допускается к тендеру;

- форс-мажор – система мониторит внешние источники и при обнаружении события, способного повлиять на поставки, запрашивает поправочный коэффициент δ для прогноза *LSTM*. При отсутствии ответа в установленный срок используется $\delta = 0$ с логированием факта;

- аномалия в данных – модули детекции аномалий (обученные на исторических данных)

выявляют выбросы. Система запрашивает экспертную оценку ситуации: эксперт либо подтверждает несущественность аномалии, либо вводит корректирующие коэффициенты.

Такой подход сокращает время участия эксперта до 2–3 минут в неделю, что в 10–15 раз меньше, чем при традиционной ручной настройке.

На втором этапе происходит формализация и интеграция экспертной информации в нейросетевую контур СППР.

1. Преобразование лингвистических переменных в нечеткие числа. Для каждого категориального признака СППР выполняет преобразование выбранной лингвистической оценки в нечеткое трапецеидальное число. Выбор трапецеидальной формы обусловлен тем, что эксперт, давая оценку категории, подразумевает не одно наиболее вероятное значение, а диапазон равновероятных значений, что адекватно описывается именно трапецией, а не треугольным числом. Параметры чисел заданы в базе знаний СППР на основе метода [4]. Далее нечеткое число дефазифицируется методом центра тяжести, и полученное скалярное значение подается на соответствующий вход *MLP* вместе с остальными признаками. Такой подход сохраняет неопределенность экспертной оценки на этапе формализации и позволяет модели корректно обрабатывать субъективные суждения.

2. Преобразование пороговых правил для выходного слоя *MLP*. Эксперт задает пороговые правила, которые модифицируют выходной слой *MLP* уже после того, как модель вычислила базовую вероятность принадлежности контрагента к классу «надежных». СППР определяет вид сырья, поставляемого контрагентом; затем сравнивает вычисленную *MLP* вероятность p с заданным экспертом порогом P_{min} для этого вида сырья. Если $p \geq P_{min}$, контрагент допускается к участию в закупочной процедуре; в противном случае он автоматически отклоняется, даже если модель дала вероятность выше стандартного минимального порога.

3. Ввод поправочных коэффициентов в *LSTM*. Для учета внештатных ситуаций эксперт вводит поправочный коэффициент $\delta \in [-0,2; 0,2]$, который интерпретируется как ожидаемое относительное отклонение потребности в сырье и ТМЦ от прогнозируемого *LSTM* значения. Анализ исторических отклонений фактической потребности от прогнозов *LSTM* на ООО «ЮГМК» за 2022–2025 гг. пока-

зал, что 95 % всех отклонений лежат в интервале от -17 до $+19$ %. Диапазон $[-0,2; +0,2]$ покрывает 97 % всех исторических отклонений, обеспечивая достаточную гибкость без риска необоснованного завышения поправки, которая действует только на указанный экспертом месяц и не «засоряет» обучение *LSTM*, так как используется только на этапе принятия решений, а не в процессе дообучения модели.

4. Преобразование правил-исключений в блокирующие условия. Правила-исключения, вводимые экспертом в форме «ЕСЛИ – ТО», применяются на этапе постобработки и имеют наивысший приоритет. Алгоритм преобразования: естественно-языковое описание правила парсится с использованием словаря терминов, формируется условие, проверяемое по базе данных поставщиков. При истинности условия контрагент отклоняется независимо от оценки *MLP*.

5. Преобразование качественных прогнозов рыночной конъюнктуры в модификаторы прогноза *LSTM*. Качественные прогнозы эксперта преобразуются в модификаторы прогноза и страхового запаса. Эксперт указывает период и выбирает тип изменения, после чего система предлагает коэффициент модификации с возможностью редактирования. Прогноз действует только на указанный период и не влияет на обучение *LSTM*.

На третьем этапе методики осуществляется вывод сформированных моделями решений с их интерпретацией: итоговая рекомендация СППР (список допущенных поставщиков, скорректированный прогноз закупок) сопровождается указанием величины и направления каждого экспертного воздействия, а также идентификатора эксперта и времени ввода. Это позволяет оценить вклад экспертной информации в итоговую рекомендацию. Реализованный механизм обратной связи накапливает статистику примененных поправок и их отклонений от фактических значений для выявления наиболее эффективных правил и их автоматической калибровки.

Нейросетевые модели обеспечивают обработку больших объемов структурированных данных и выявление статистических закономерностей, тогда как экспертная информация компенсирует их ограничения: учет качественных факторов, единичных событий и неопределенности новых ситуаций. Предложенная методика является механизмом интеграции экспертных

знаний в нейросетевой контур системы поддержки принятия решений, что повышает обоснованность закупочных решений в условиях неполноты и неопределенности.

Разработанная методика может быть адап-

тирована для других типов непрерывных производств. Перспективы дальнейших исследований включают создание самообучающейся базы экспертных знаний, а также интеграцию с цифровыми двойниками предприятия.

Литература

1. Дьячкова, В.В. Нейросетевая модель оценки надежности контрагентов в системе закупок металлургического предприятия / В.В. Дьячкова, Е.С. Коваленко // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2025. – Т. 27. – № 3. – С. 29–38. – DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-3-29-38. – EDN: DHCTWY.
2. Дьячкова, В.В. Нейросетевая модель прогнозирования объема закупок на металлургическом предприятии / В.В. Дьячкова, Е.С. Коваленко // Экономический вестник Донбасского государственного технического университета. – 2025. – № 23. – С. 40–47. – EDN: QSOQOR.
3. Антонов, В.В. Метод обработки субъективной экспертной информации для принятия решений с использованием теории нечетких множеств / В.В. Антонов, К.А. Конев // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 1(49). – С. 65–78. – DOI: 10.21685/2227-8486-2024-1-5. – EDN: LNLDRB.
4. Заде, Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде; пер. с англ. Н.И. Ринго; под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского. – М. : Мир, 1976. – 165 с.

References

1. Dyachkova, V.V. Nejrosetevaya model otsenki nadezhnosti kontragentov v sisteme zakupok metallurgicheskogo predpriyatiya / V.V. Dyachkova, E.S. Kovalenko // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2025. – T. 27. – № 3. – S. 29–38. – DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-3-29-38. – EDN: DHCTWY.
2. Dyachkova, V.V. Nejrosetevaya model prognozirovaniya obema zakupok na metallurgicheskom predpriyatii / V.V. Dyachkova, E.S. Kovalenko // Ekonomicheskij vestnik Donbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2025. – № 23. – S. 40–47. – EDN: QSOQOR.
3. Antonov, V.V. Metod obrabotki subektivnoj ekspertnoj informatsii dlya prinyatiya reshenij s ispolzovaniem teorii nechetkikh mnozhestv / V.V. Antonov, K.A. Konev // Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve. – 2024. – № 1(49). – S. 65–78. – DOI: 10.21685/2227-8486-2024-1-5. – EDN: LNLDRB.
4. Zade, L.A. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh reshenij / L.A. Zade; per. s angl. N.I. Ringo; pod red. N.N. Moiseeva, S.A. Orlovskogo. – M. : Mir, 1976. – 165 s.

© В.В. Дьячкова, Е.С. Коваленко, 2026

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОТВЕТОВ ЧАТ-БОТОВ

С.Н. ЕФИМОВ, Н.А. САВЕНКОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева»,
г. Красноярск

Ключевые слова и фразы: чат-бот; искусственный интеллект; машинное обучение; оценка ответов.

Аннотация: Целью данной работы являлось рассмотрение и анализ современных методов оценки качества ответов чат-ботов на базе больших языковых моделей. В основу исследования положена гипотеза о том, что ни один метод не обеспечивает полноты оценки, и эффективная система контроля качества должна строиться на их сочетании. Основные методы исследования: аналитический обзор, систематизация и сравнительный анализ четырех подходов: человеческой оценки, датасетного тестирования, автоматических метрик и оценки с помощью другой языковой модели. В результате выявлены сильные и слабые стороны каждого метода, показана их взаимодополняемость.

Интеллектуальные ассистенты в формате чат-бота стали неотъемлемой частью повседневной жизни: от виртуальных помощников в банковских приложениях и образовательных платформах до корпоративных систем технической поддержки. Однако создание такого бота – это только половина дела [1]. Ключевой вопрос, который встает перед разработчиками и исследователями, насколько качественно бот отвечает на запросы пользователей.

Человеческая оценка остается одним из самых надежных и незаменимых методов оценки качества ответов чат-ботов на базе больших языковых моделей. Хотя автоматические метрики стали популярными благодаря скорости и масштабируемости, именно люди лучше всего улавливают нюансы: контекст, эмпатию, естественность, культурные особенности, тональность и субъективную полезность. Автоматические методы часто упускают тонкие аспекты, которые делают общение с ботом приятным или, наоборот, раздражающим.

Обычно процесс организуют так: человеку показывают запрос пользователя и ответ чат-бота. Оценщики ставят баллы по нескольким критериям, например, насколько ответ точен, полезен, уместен, понятен и приятен в общении. Иногда используют сравнительный под-

ход: предлагают два варианта ответа и просят выбрать лучший или ранжировать их. Такое парное сравнение особенно эффективно, потому что людям проще сказать «этот ответ лучше того», чем присваивать абсолютные цифры [2].

Человеческая оценка считается золотым стандартом по нескольким причинам. Во-первых, она лучше всего отражает реальное восприятие пользователей: то, что кажется правильным машине, может раздражать или путать живого человека. Во-вторых, только люди могут заметить тонкие проблемы, например, когда бот формально прав, но отвечает слишком сухо, высокомерно или упускает эмоциональную сторону вопроса. В-третьих, такая оценка незаменима при создании рубрик и калибровке автоматической оценки.

Однако у метода есть и серьезные ограничения. Он дорогой и медленный, на оценку тысяч ответов могут уйти недели и значительные бюджеты. Результаты часто субъективны: разные люди по-разному понимают «хороший» ответ, особенно если инструкции не прописаны предельно четко. Кроме того, оценщики устают, их внимание рассеивается, а иногда проявляются собственные предубеждения.

Оценка качества ответов чат-ботов с помощью датасетов – это один из самых распро-

страненных и воспроизводимых подходов в индустрии. Суть метода заключается в том, что заранее собирается специальный набор данных, который затем используется для систематической проверки модели.

Датасет обычно состоит из множества примеров, каждый из которых содержит реальный или специально созданный запрос пользователя и один или несколько эталонных, правильных ответов [3]. В более продвинутых датасетах также добавляют дополнительный контекст, критерии оценки или несколько вариантов ответов разного качества.

Процесс оценки выглядит следующим образом. Чат-боту подаются все запросы из датасета, он генерирует свои ответы, после чего эти ответы сравниваются либо с эталонными ответами, либо оцениваются по заранее определенным правилам.

Качество самой оценки сильно зависит от того, насколько хорош датасет. Хороший датасет должен быть разнообразным, охватывать разные типы запросов, отражать реальное использование чат-бота и содержать четкие, однозначные критерии оценки. Если датасет слабый или слишком простой, даже очень высокие результаты на нем мало что говорят о реальном качестве модели.

Сегодня большинство серьезных команд по разработке чат-ботов создают собственные внутренние датасеты, адаптированные именно под их продукт и целевую аудиторию. Публичные тесты производительности используют в основном для сравнения с конкурентами и публикации результатов.

Среди открытых эталонных тестов можно выделить несколько наиболее влиятельных. *MMLU* содержит около 16000 вопросов из 57 предметных областей и проверяет фактические знания модели через выбор правильного ответа. *TruthfulQA* нацелен на оценку склонности к галлюцинациям и распространенным заблуждениям. *MT-Bench* включает 80 многоповоротных бесед в категориях от ролевых игр до программирования; ответы оцениваются судейской *LLM*, что дает высокую корреляцию с человеческими предпочтениями. *IFEval* фокусируется на точности выполнения инструкций, например, «ответь ровно тремя абзацами», оценивая ее бинарно. Платформа *Chatbot Arena* собирает масштабные парные сравнения и формирует рейтинги, отражая живые предпочтения пользователей в неограниченном круге тем.

Совместное использование этих инструментов дает многомерную картину, в которой знания, правдивость, диалоговые навыки и контролируемость оцениваются по отдельности.

При всех достоинствах – воспроизводимости и низкой стоимости – метод имеет фундаментальные ограничения. Статичность и устаревание: фиксированный датасет не отражает изменений языка и актуальных фактов, что может давать преимущество моделям, обученным на более свежих данных. Загрязнение данных: примеры из публичных тестов часто попадают в обучающие корпуса, и высокие результаты объясняются запоминанием, а не пониманием. Упрощенность метрик: бинарные или категориальные оценки не применимы к творческим и этическим аспектам, не улавливая эмпатию, юмор или уместность стиля. Разрыв с реальным использованием: лабораторные запросы отличаются от живых запросов с опечатками, разговорной лексикой и сложным контекстом, что завышает ожидания от качества. Наконец, возникает «гонка за бенчмарками»: оптимизация модели под конкретный тест в ущерб общему качеству. Преодоление этих ограничений требует обновляемых датасетов, перекрестной проверки и обязательной внешней проверки через человеческие оценки и *A/B*-тесты с реальными пользователями.

Автоматические метрики оценки позволяют быстро и объективно сравнить сгенерированный ботом ответ с эталонным текстом, оценивая совпадение слов, последовательностей или семантическую близость на уровне глубоких смыслов, что критически важно для отладки и сравнения различных моделей.

Ответ чат-бота не просто перевод или генерация текста, а контекстно-зависимая генерация. Один и тот же вопрос может иметь несколько правильных ответов. Поэтому идеальная метрика должна учитывать:

- лексическое совпадение;
- семантическую близость;
- логичность в длинных диалогах;
- безопасность и отсутствие галлюцинаций.

Классические метрики машинного перевода были адаптированы для чат-ботов, однако они страдают от проблемы «поверхностного совпадения». Семантические метрики на базе эмбедингов (представление данных в виде многомерных векторов) решают эту проблему, но требуют больше вычислительных ресурсов.

BLEU (*Bilingual Evaluation Understudy*) – одна из самых старых и до сих пор широко используемых метрик. Она оценивает качество через точность пересечения n -грамм ($n = 1, \dots, 4$) между сгенерированным ответом и эталонным ответом.

Общая формула **BLEU** представляет собой геометрическое среднее модифицированной точности n -грамм, умноженное на штраф за слишком короткие ответы. Вес каждого n -грамма обычно равен $1/N$. Штраф за краткость равен единице, если сгенерированный ответ не короче эталонного, и уменьшается по экспоненте при значительном укорочении ответа.

Стоит отметить быстрый расчет данного метода, большой штраф за короткие ответы и относительно слабую работу с русским языком из-за богатой морфологии и большого количества окончаний.

ROUGE (*Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation*) ориентирована на полноту, а не на точность. В частности, **ROUGE-L** использует не просто точное совпадение n -грамм, а наибольшую общую подпоследовательность – последовательность слов, которая встречается в обоих текстах в том же порядке, но не обязательно подряд. Данная метрика очень чувствительна к порядку слов.

Следующая рассматриваемая метрика **BERTScore**. В отличие от **BLEU** и **ROUGE**, она использует не n -граммы, а эмбединги. Метод работает следующим образом:

- эталонный и сгенерированный тексты пропускаются через предобученную языковую модель и для каждого токена получают контекстные векторные представления;
- для всех пар токенов вычисляется косинусное сходство, формируется матрица подобия;
- на основе этой матрицы рассчитываются точность, полнота и их гармоническое среднее – $F1$ -мера.

Итоговое значение **BERTScore** находится в диапазоне от 0 до 1: чем ближе к единице, тем лучше сгенерированный текст соответствует эталону как по смыслу, так и по важным словам.

Метрики **BLEU**, **ROUGE** и **BERTScore** хорошо дополняют друг друга: первые две дают быстрый лексический сигнал, а **BERTScore**, в свою очередь, глубокую семантическую оценку [4].

Оценка ответов чат-бота с помощью другой

языковой модели сегодня стала одним из самых популярных и эффективных методов в индустрии. Суть подхода очень проста: вместо того чтобы привлекать людей или полагаться только на математические метрики, для оценки качества ответа используют другую, как правило, более сильную языковую модель.

Процесс выглядит следующим образом. Судейской модели дают четкую инструкцию, критерии оценки и контекст задачи. Затем ей показывают запрос пользователя и ответ оцениваемого чат-бота. Судья анализирует ответ и выдает либо числовую оценку по заданной шкале, либо подробное обоснование, либо сравнивает несколько ответов и выбирает лучший. В некоторых случаях судья работает по детальной рубрике, где отдельно оцениваются точность фактов, полнота ответа, естественность речи, отсутствие галлюцинаций, вежливость и другие важные аспекты.

Этот метод быстро набрал популярность, потому что сочетает в себе несколько сильных сторон. Он гораздо быстрее и дешевле человеческой оценки, при этом значительно лучше классических автоматических метрик понимает смысл и качество текста [5]. Современные сильные модели довольно хорошо справляются с ролью судьи и показывают высокую корреляцию с человеческими оценками при правильно составленных критериях и запросе.

Особенно ценным этот метод оказывается при оценке открытых диалогов, где нет единственно правильного ответа. Судейская модель может учитывать контекст всей беседы, стиль общения, полезность для пользователя и даже эмоциональную окраску ответа. Кроме того, она легко масштабируется: можно за несколько часов оценить десятки тысяч ответов, что практически невозможно сделать вручную.

Тем не менее у метода есть свои ограничения. Судейская модель может наследовать предубеждения, быть слишком снисходительной к длинным или красиво сформулированным ответам или, наоборот, излишне строгой к коротким. Иногда она демонстрирует позиционную предвзятость – предпочитает первый или второй ответ в зависимости от порядка подачи. Чтобы снизить эти проблемы, используют несколько разных судейских моделей, меняют порядок ответов и регулярно калибруют судью на небольшом наборе человеческих оценок.

В заключение можно сказать, что оценка качества ответов чат-ботов – это сложная,

многогранная задача, которая не имеет универсального решения. Каждый из рассмотренных методов обладает своими сильными и слабыми сторонами и занимает важное место в общем процессе контроля качества.

На практике наиболее эффективный подход заключается не в выборе одного-единственного метода, а в грамотном сочетании всех перечис-

ленных техник. Человеческая оценка и качественные датасеты задают высокие стандарты и служат ориентиром, автоматические метрики обеспечивают быстрый контроль на этапе разработки и прототипирования, а использование другой более сильной языковой модели позволяет масштабировать оценку до промышленных объемов.

Литература

1. Джанарсанам, С. Разработка чат-ботов и разговорных интерфейсов / С. Джанарсанам. – М. : ДМК Пресс, 2020. – 341 с.
2. Zhao, W. Challenges in Trustworthy Human Evaluation of Chatbots / W. Zhao, A.M. Rush, T. Goyal // Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL, 2025. – P. 3359–3365. – DOI: 10.18653/v1/2025.findings-naacl.186.
3. Машнин, Т. Создание чат-ботов с Dialogflow, Watson, ChatterBot и Rasa / Т. Машнин. – М. : Издательские решения, 2022. – 218 с.
4. Жеребцова, Ю.А. Сравнение моделей векторного представления текстов в задаче создания чат-бота / Ю.А. Жеребцова, А.В. Чижик // Вестник НГУ. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2020. – Т. 18. – № 3. – С. 16–34. – DOI: 10.25205/1818-7935-2020-18-3-16-34. – EDN: GUCTCC.
5. Воронин, А.Н. Сравнительный анализ влияния коммуникативных стратегий на эффективность взаимодействия с чат-ботом / А.Н. Воронин, В.В. Паленова // Перспективы науки и образования. – 2024. – № 5(71). – С. 680–693. – DOI: 10.32744/pse.2024.5.40. – EDN: QWHTZK.

References

1. Dzhnarsanam, S. Razrabotka chat-botov i razgovornyx interfejsov / S. Dzhnarsanam. – М. : DMC Press, 2020. – 341 s.
3. Mashnin, T. Sozdanie chat-botov s Dialogflow, Watson, ChatterBot i Rasa / T. Mashnin. – М. : Izdatelskie resheniya, 2022. – 218 s.
4. ZHerebtsova, YU.A. Sravnenie modelej vektornogo predstavleniya tekstov v zadache sozdaniya chat-bota / YU.A. ZHerebtsova, A.V. CHizhik // Vestnik NGU. Seriya: Lingvistika i mezhkulturnaya kommunikatsiya. – 2020. – T. 18. – № 3. – S. 16–34. – DOI: 10.25205/1818-7935-2020-18-3-16-34. – EDN: GUCTCC.
5. Voronin, A.N. Sravnitel'nyj analiz vliyaniya kommunikativnykh strategij na effektivnost vzaimodejstviya s chat-botom / A.N. Voronin, V.V. Palenova // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2024. – № 5(71). – S. 680–693. – DOI: 10.32744/pse.2024.5.40. – EDN: QWHTZK.

© С.Н. Ефимов, Н.А. Савенков, 2026

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ CI/CD-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ЖУРНАЛА ПРОГНОЗОВ И ОШИБОК

А.А. КОПЕЙКИН, Б.С. ДОБРОНЕЦ

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск

Ключевые слова и фразы: *AIOps*; *ARIMA*; *CI/CD*; *DevOps*; *ETS*; *GitLab*; *pipeline*; *residual*; прогнозирование.

Аннотация: Цель исследования – разработка и экспериментальная проверка прототипа информационно-аналитической системы *TimeForge* для прогнозирования длительности *CI/CD*-процессов на основе анализа временных рядов и накопления журнала прогнозов и ошибок. Задачи исследования включают уточнение понятий *pipeline* и *residual*-поправки применительно к *CI/CD*-инфраструктуре, организацию сбора и хранения наблюдений о длительности запусков, реализацию контура построения прогнозов, формирование журнала связки «прогноз – факт – ошибка», а также сравнительную оценку скользящей базовой модели, *ARIMA* и *ETS*. В качестве методов исследования использованы анализ временных рядов, программное прототипирование, ретроспективная экспериментальная оценка и сравнительный анализ моделей прогнозирования по метрикам *MAE*, *RMSE* и *MAPE*. Предложенный прототип объединяет *Python*-контур прогнозирования, *Go API* журнала прогнозов и *PostgreSQL/TimescaleDB*. На выборке из 36 наблюдений скользящая базовая модель показала наименьшую *MAE* – 554,6 с, *ARIMA* – 621,7 с, *ETS* – 629,1 с. Полученные результаты показывают целесообразность использования *baseline*-модели как эксплуатационного уровня и применения более сложных моделей в режиме теневой проверки до доказанного улучшения качества прогноза.

Список обозначений

AIOps – машинный анализ и автоматизация эксплуатации ИТ-систем;

ARIMA – авторегрессионная интегрированная модель скользящего среднего;

CI/CD – непрерывная интеграция и поставка;

ETS – модель экспоненциального сглаживания;

MAE – средняя абсолютная ошибка, с;

MAPE – средняя абсолютная процентная ошибка, %;

Pipeline – единичный запуск конвейера *CI/CD*;

Residual – остаток прогноза: факт минус прогноз;

RMSE – среднеквадратичная ошибка, с.

Введение

Длительность *CI/CD*-процесса важна не сама по себе. Для команды это время ожидания обратной связи: успела ли сборка пройти до релизного окна, не завис ли *runner*, не выросли ли тесты, не сломался ли кэш. Когда такие задержки становятся регулярными, они превращаются из технической мелочи в фактор управления разработкой.

В данной работе под *pipeline* понимается единичный запуск конвейера *GitLab CI/CD*: связанная последовательность стадий и заданий, описанная в конфигурации проекта и запущенная событием репозитория. Длительность *pipeline* рассматривается как интервал от начала выполнения до завершения этого запуска. Такая единица наблюдения уже есть в истории *CI/CD*-платформы и напрямую связана с ожиданием

разработчика.

GitLab CI/CD Analytics и средства мониторинга, например *Grafana*, помогают видеть историю длительностей и поведение метрик [3; 4]. Но для прогнозного управления нужно помнить не только факты, но и прошлые прогнозы: что система ожидала, что произошло и какой оказалась ошибка.

Цель работы – разработать программный прототип информационно-аналитической системы прогнозирования длительности *CI/CD*-процессов, объединяющей сбор наблюдений, расчет прогноза, сохранение фактического значения и накопление ошибок. Новизна заключается в том, что прогноз рассматривается как запись в журнале решений, а не как одноразовый ответ модели.

Обзор исследований

Вопрос длительности сборок уже рассматривался в работах по *continuous integration*. *Q. Cao, R. Wen* и *S. McIntosh* предложили *BuildMeteo* для прогнозирования длительности инкрементальных сборок [1]. *T.A. Ghaleb, D.A. da Costa* и *Y. Zou* исследовали длительные *CI*-сборки на большой выборке проектов *GitHub* [2].

Смежная линия связана с предсказанием отказов *CI*-сборок [6]. В отличие от этих работ, *TimeForge* делает акцент не только на выборе модели. Практическим результатом становится журналируемая история прогнозов, фактов и ошибок, по которой можно сравнивать методы в одинаковых условиях.

Материалы и методы

Прототип реализован в проекте *TimeForge*. Источником данных выступают метрики *CI/CD*-процессов, связанные с *GitLab* и инфраструктурным контуром мониторинга. *Python*-контур готовит временной ряд и строит прогноз. *Go API* принимает прогнозные записи, связывает их с фактическими значениями и сохраняет историю в *PostgreSQL/TimescaleDB*.

В базовом слое используются три интерпретируемых метода: скользящая базовая модель, *ARIMA* и *ETS*. Скользящая базовая модель нужна как нижняя планка качества: если сложный метод не выигрывает у среднего по последним наблюдениям, выпускать его в эксплуатацию рано. Подходы к оценке точности

временных рядов и ограничения *MAPE* учитывались по [5].

Под скользящей базовой моделью понимается контрольный прогноз, который оценивает длительность следующего *pipeline* по последним k завершенным запускам:

$$y_{base}(t+1) = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} y_{t-i},$$

где $y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-k+1}$ – фактические длительности последних завершенных запусков, k – размер окна, а $\hat{y}_{base}(t+1)$ – прогноз следующей длительности. При выраженных выбросах вместо среднего может использоваться медиана.

Residual-подход в данной работе понимается как работа не с самой длительностью, а с остатком прогноза. Остаток, или *residual*, вычисляется как разность между фактом и прогнозом:

$$e_t = y_t - y_t.$$

Если журнал показывает систематическое смещение базовой модели, отдельная *residual*-модель может прогнозировать будущую ошибку $\hat{e}(t+1)$, а итоговое значение рассчитывается следующим образом:

$$y_{final}(t+1) = y_{base}(t+1) + e(t+1).$$

Основной метрикой выбран *MAE*, потому что она выражается в секундах и прямо показывает цену ошибки для команды. *RMSE* дополнительно штрафует крупные промахи. Для оценки точности использовались следующие выражения:

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

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

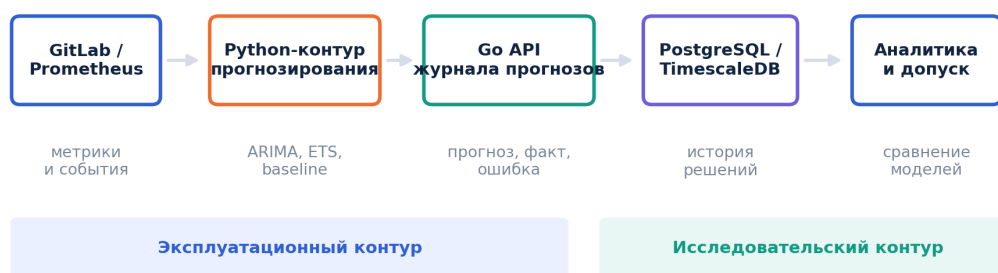
$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right).$$

где n – число наблюдений, y_i – фактическая длительность, а $\hat{y}_i$ – прогнозная длительность. *MAPE* используется осторожно: при малых фактических значениях относительная ошибка



Рис. 1. Замкнутый контур накопления прогнозов, фактов и ошибок

Архитектура прототипа TimeForge



Базовая модель может работать независимо от готовности более сложного исследовательского слоя.

Рис. 2. Архитектура прототипа информационно-аналитической системы *TimeForge*

может становиться чрезмерно большой [5].

Архитектура прототипа

Архитектура *TimeForge* разделена на эксплуатационный и исследовательский контуры. Эксплуатационный контур строит рабочий прогноз и записывает его в журнал. Исследовательский контур использует накопленную историю ошибок для сравнения моделей, *residual*-коррекции и подготовки более сложных подходов. Общий цикл показан на рис. 1.

Главный инженерный смысл журнала состоит в том, что прогноз становится проверяемым объектом. Пока *pipeline* не завершился, запись содержит ожидаемую длительность и модель. После завершения в нее добавляется факт и рассчитывается ошибка.

Компоненты прототипа показаны на рис. 2. Сбор данных получает метрики и события из *GitLab* и мониторинга. *Python*-контур строит прогнозы. *Go API* журнала отвечает за сохранение прогноза, факта и ошибки. *PostgreSQL/TimescaleDB* хранит историю ре-

шений. Аналитический блок сравнивает модели и проверяет условия допуска.

Результаты экспериментальной оценки

Для первичной ретроспективной оценки использованы агрегированные результаты по 36 наблюдениям длительности *CI/CD*-процессов. Рассматривались скользящая базовая модель, *ARIMA* и *ETS*. Базовая модель выступала контрольным уровнем: именно с ней сравнивалась целесообразность более сложных методов.

Наименьшее значение *MAE* получила скользящая базовая модель – 554,6 с. *ARIMA* показала 621,7 с, *ETS* – 629,1 с. Значения *RMSE* составили 726,2 с, 722,2 с и 719,1 с соответственно; *MAPE* – 202,5 %, 239,0 % и 260,5 %. Результаты сведены на рис. 3.

Обсуждение и ограничения

Полученный результат не означает, что *ARIMA*, *ETS* или *residual*-коррекция бесполезны. Он говорит о другом: при малой истории,

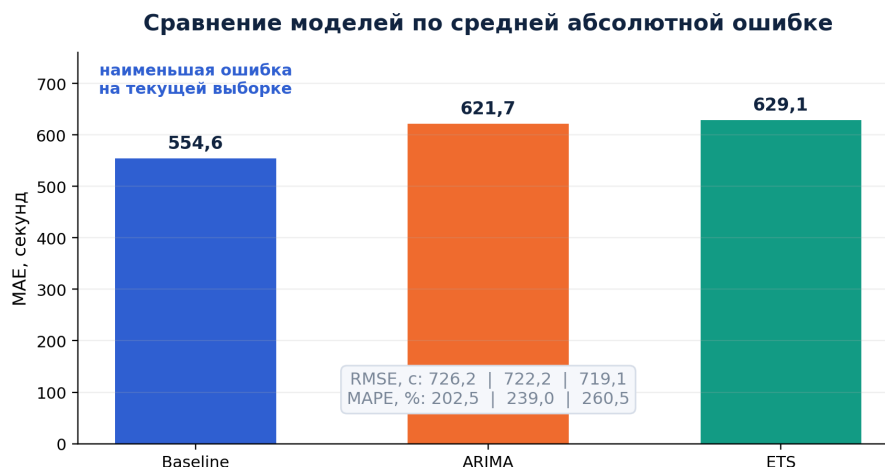


Рис. 3. Сравнение моделей по средней абсолютной ошибке

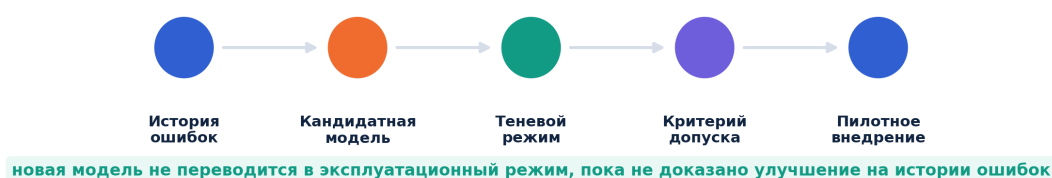
Логика безопасного допуска новых моделей

Рис. 4. Логика безопасного допуска новых моделей к пилотному использованию

выбросах и нерегулярных запусках *CI/CD* простая модель может оказаться честнее сложной. Для инфраструктурной системы это нормальная ситуация. Лучше признать, что данных пока мало, чем заменить устойчивый прогноз красивой, но не проверенной моделью.

Поэтому в *TimeForge* важен критерий допуска. Кандидатная модель сначала работает в тени: строит прогнозы, сохраняет ошибки, но не влияет на рабочий результат. Только после устойчивого улучшения относительно *baseline* она может перейти в пилотный режим. Логика такого допуска показана на рис. 4.

Ограничения связаны прежде всего с объемом выборки. 36 наблюдений достаточно для проверки маршрута данных и первичного сравнения, но недостаточно для уверенного обучения *residual*-моделей или смеси экспертов. Второе ограничение – ретроспективный характер оценки: дальше модель нужно проверять на живом потоке *pipeline*.

Развитие должно идти не только через но-

вые алгоритмы. Важнее расширить описание самого *pipeline*: учитывать тип ветки, число заданий, длительность очереди *runner*, состояние кэша, объем тестов, изменения *.gitlab-ci.yml* и нагрузку инфраструктуры. Тогда журнал ошибок станет не просто таблицей промахов, а рабочей памятью системы.

Заключение

Разработан программный прототип *TimeForge* для прогнозирования длительности *CI/CD*-процессов. Система объединяет сбор наблюдений, построение прогноза, сохранение фактических значений и накопление ошибок в едином журнале. За счет этого прогноз становится не разовым числом, а проверяемой записью, пригодной для сравнения моделей и управляемой адаптации.

На исследуемой выборке скользящая базовая модель показала меньшую *MAE*, чем *ARIMA* и *ETS*. Поэтому текущий эксплуатационный

слой должен опираться на *baseline*, а более сложные модели – проходить теневую проверку. Практическая ценность подхода состоит в том,

что CI/CD-инфраструктура получает не только прогноз длительности, но и механизм безопасного развития прогнозного контура.

Литература/References

1. Cao, Q. Forecasting the Duration of Incremental Build Jobs / Q. Cao, R. Wen, S. McIntosh // 2017 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME), 2017. – P. 524–528. – DOI: 10.1109/ICSME.2017.34.
2. Ghaleb, T.A. An Empirical Study of the Long Duration of Continuous Integration Builds / T.A. Ghaleb, D.A. da Costa, Y. Zou // Empirical Software Engineering. – 2019. – Vol. 24. – No. 4. – P. 2102–2139. – DOI: 10.1007/s10664-019-09695-9. – EDN: FUDVKW.
3. GitLab Docs. CI/CD analytics [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.gitlab.com/user/analytics/ci_cd_analytics.
4. Grafana Labs. Get started with metric forecasting and anomaly detection [Electronic resource]. – Access mode : <https://grafana.com/docs/grafana-cloud/machine-learning/dynamic-alerting/forecasting>.
5. Hyndman, R.J. Forecasting: Principles and Practice : 3rd ed. / R.J. Hyndman, G. Athanasopoulos. – Melbourne : OTexts, 2021 [Electronic resource]. – Access mode : <https://otexts.com/fpp3>.
6. Saidani, I. Predicting Continuous Integration Build Failures Using Evolutionary Search / I. Saidani, A. Ouni, M. Chouchen, M.W. Mkaouer // Information and Software Technology. – 2020. – Vol. 128. – Article 106392. – DOI: 10.1016/j.infsof.2020.106392. – EDN: UOQFTS.

© А.А. Копейкин, Б.С. Добронев, 2026

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

А.В. ЛОБАНОВ, М.Д. ПЫСИН, Э.М. КОЛЬЦОВА, А.М. АРХИПОВ

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: система автоматизированного проектирования (САПР); проектирование; цифровой двойник; серверное приложение; веб-программирование; 3D-визуализация; химико-технологическое производство.

Аннотация: Статья посвящена разработке комплекса программных модулей для автоматизированного проектирования химико-технологических схем, обеспечивающего переход от 2D-представления к 3D-визуализации и интеграцию с цифровыми двойниками. В условиях цифровизации химической отрасли и импортозамещения зарубежных САПР актуальность создания доступных веб-ориентированных инструментов приобретает особое значение. Исследование направлено на создание комплексной архитектуры системы, объединяющей графический 2D-редактор, модуль автоматической генерации трехмерных моделей, серверное приложение с реляционной базой данных и веб-интерфейс для коллективной работы. Обоснована эффективность унифицированного JSON-формата для бесшовного обмена данными между модулями. Предложена структура базы данных для управления библиотекой оборудования и совместного доступа к проектам. Особое внимание уделено автоматизированной процедуре построения трехмерной сцены на основе плоской схемы. Результаты имеют практическую значимость для проектных организаций (сокращение времени разработки схем в 2–5 раз), промышленных предприятий (создание цифровых двойников и тренажеров) и учебного процесса при подготовке технологов и проектировщиков.

Введение

Проектирование химико-технологических объектов представляет собой междисциплинарную задачу высокой сложности. Она включает формирование принципиальных схем (*P&ID*), подбор оборудования, расчет материальных и тепловых потоков, а также пространственную компоновку узлов установки. Традиционные САПР (*AutoCAD*, *Plant 3D*, *Visio*) часто требуют дорогостоящих лицензий, длительного обучения и не всегда обеспечивают бесшовный переход от двухмерного чертежа к трехмерной модели. Внедрение цифровых двойников и систем автоматизированного проектирования позволяет сократить сроки разработки и повысить качество принимаемых решений [1–2].

Современные тенденции цифровизации

промышленности, зафиксированные в программах импортозамещения, диктуют необходимость создания отечественных программных продуктов, адаптированных под специфику химико-технологических производств. Особый интерес представляют веб-ориентированные решения, не требующие установки тяжелого ПО и позволяющие работать в «облаке» – это существенно снижает порог входа для малых предприятий и учебных заведений [3–4].

Цель данной работы – создание комплекса программных модулей для автоматизированного проектирования химико-технологических схем. В его состав входят: модуль построения 2D-схем с библиотекой типовых аппаратов, модуль автоматической генерации трехмерных моделей оборудования и технологических линий, серверное приложение для хранения, обмена и

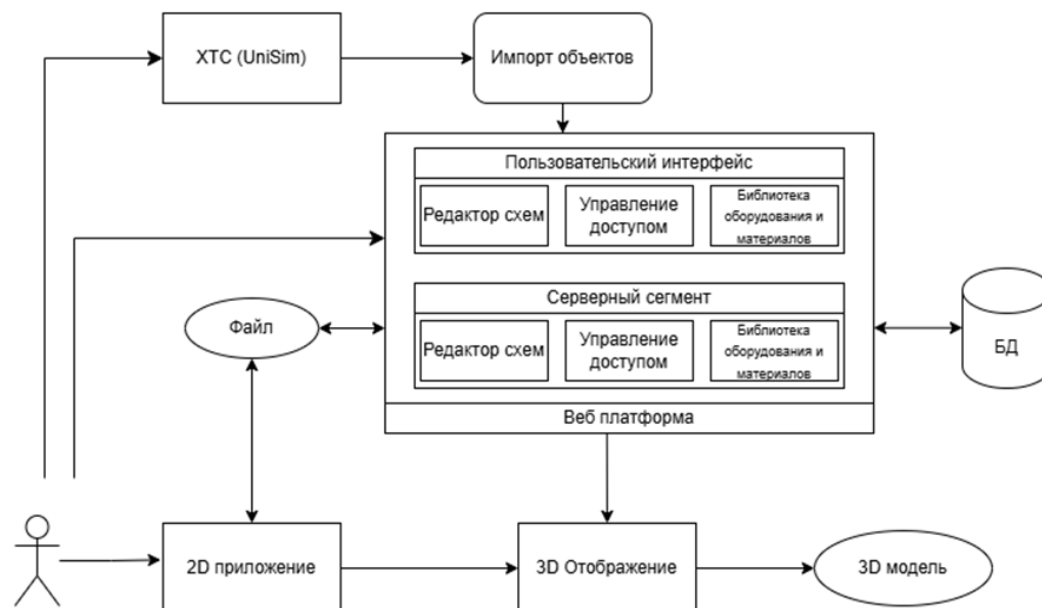


Рис. 1. Архитектура программного комплекса

коллективной работы над проектами, а также веб-интерфейс, обеспечивающий доступ к системе из любого браузера без установки дополнительного ПО.

Структура программного комплекса

Общая архитектура разработанного комплекса автоматизированного проектирования химико-технологических схем представлена на рис. 1. Первым разработанным компонентом представленной архитектуры является приложение, устанавливаемое на персональный компьютер и предназначенное для построения двумерных технологических схем различной степени сложности. Оно предоставляет возможность экспорта результатов проектирования в файл *JSON*-формата. В дальнейшем этот файл используется модулем визуализации для автоматического построения трехмерных сцен. Дополнительно его возможно передать в веб-приложения для централизованного хранения и совместной работы.

В состав программного комплекса входит веб-приложение совместной работы для проектирования двумерных схем ХТС. Оно является расширенной версией локального конструктора и логически разделено на три сегмента в соответствии с реализуемым функционалом. Первый сегмент – это конструктор схем, второй – это организация совместного доступа к

схемам и работе над ними, последний – управление расширяемой библиотекой аппаратов. Также для каждого сегмента присутствует техническое разделение на серверное приложение и пользовательский интерфейс.

Все данные хранятся в спроектированной базе данных, предоставляя возможность взаимодействия с ними только через пользовательский интерфейс посредством вызова запросов к *REST API*. Платформа также обеспечивает аутентификацию пользователей и разграничение прав их доступа.

Важным функционалом программного комплекса, добавленным на финальном этапе его разработки, является импорт готовых схем и конструкционных параметров из системы моделирования химико-технологических процессов *UniSim*. Это позволяет ускорить процесс создания 3D-моделей как отдельных аппаратов, так и целых технологических линий. Для импорта данных из ХТС применяется модифицированная версия программы *CaseLinker* [5].

Финальным элементом всего комплекса является приложение для создания трехмерной модели ХТС на основании ее двумерного представления. Пользователю предоставляются три способа построения основы 3D-модели: локально, с применением приложения конструирования двумерных схем, онлайн через веб-платформу или путем импорта данных из файлов программы моделирования ХТС в веб-

приложение. После этого предполагается корректировка пространственного размещения оборудования и формирование итоговой трехмерной модели.

Серверное приложение и база данных

Серверная часть реализована на языке *Python* с использованием микрофреймворка *Flask* и выполняет функции легковесного посредника между клиентскими приложениями и базой данных, обеспечивая управление пользовательскими сессиями и доступ к данным проекта. Для каждой таблицы разработан отдельный модуль с реализацией *CRUD*-операций. Система автоматически создает таблицы при первом запуске.

База данных построена по реляционной модели и включает следующие сущности:

- *users* – пользователи системы (логин, пароль, права администратора);
- *schemes* – пользовательские схемы (название, описание, *JSON*-файл);
- *apparatus* – экземпляры оборудования, ссылающиеся на модель;
- *equipment_models* – модели оборудования с привязкой к типу;
- *equipment_types* – типы аппаратов (реактор, колонна, теплообменник и т.д.);
- *scheme_apparatus* – позиционирование аппарата на полотне схемы (координаты, масштаб, выбранная иконка);
- *scheme_connections* – соединения между аппаратами с указанием узлов;
- *nodes* – отдельные узлы (звенья) на схеме с координатами;
- *apparatus_icons* – иконки для отображения в *2D*-режиме;
- *materials* – материалы для *3D*-моделей.

Такая структура позволяет гибко управлять библиотекой оборудования, хранить различные варианты схем для одного производства и организовывать коллективную работу над проектами. Взаимодействие между *React*-интерфейсом и *Unity*-конструктором осуществляется через библиотеку *UnityContext*, которая реализует основной *API*-функционал *UnityWebGL*-приложения, позволяя передавать команды и данные без перезагрузки страницы.

Модуль конструирования 2D-схем

Для создания принципиальных технологи-

ческих схем разработан графический редактор на платформе *Unity* с компиляцией в *WebGL*. Редактор включает библиотеку из десяти основных типов аппаратов: воздушный холодильник, компрессор, насос, печь риформинга, реактор, резервуар, ректификационная колонна, сепаратор, смеситель, теплообменник. Дополнительно доступны вспомогательные элементы: фланцы, фитинги, запорная арматура, а также возможность добавления текстовых меток.

Функциональные возможности редактора включают: добавление объектов из каталога с поиском по наименованию и закрепляемой панели аппаратов; соединение аппаратов линиями (трубопроводами) с привязкой к точкам подключения и режимом удаления связей; редактирование свойств объектов (размеры, масштаб, цветовая схема, диаметр труб); многоуровневую систему отмены/повтора действий с журналом операций; сохранение и загрузку проектов как локально, так и на сервер.

Модуль автоматической 3D-визуализации

Модуль трехмерной визуализации предназначен для автоматического преобразования сохраненной *2D*-схемы в трехмерную сцену без необходимости ручного моделирования. Процедура автоматического построения трехмерной сцены состоит из четырех последовательных стадий. На первой стадии генерируются элементарные объемные формы – параллелепипеды, цилиндры, сферы, конусы, торы и пирамиды. На второй стадии на их основе komponуются типовые модели аппаратов с точным соблюдением геометрических пропорций и конструктивных деталей. Третий этап посвящен созданию вспомогательных элементов: трубопроводов с нормируемым диаметром, опорных конструкций, лестниц и обслуживающих площадок. И на четвертом этапе завершает все компоновка технологической схемы – размещение аппаратов согласно координатам из *JSON*-файла, соединение трубопроводами с учетом точек подключения, добавление источников света и камеры.

Для генерации сцены используется скрипт *VisualisationRenderer*, считывающий данные из файла и создающий соответствующую трехмерную среду. Дополнительный скрипт *AdjustmentController* позволяет корректировать положение объектов непосредственно в *3D*-пространстве без возврата к *2D*-редактору.

Важной особенностью является сохранение метрической согласованности: все модели импортируются в формате *FBX* с реальными размерами, что исключает искажения масштаба при переходе из *2D* в *3D*.

Форматы хранения и обмена данными

Для унификации обмена между модулями выбран формат *JSON*. Структура файла *2D*-схемы включает массив аппаратов с полями: *objectName* (тип модели), *objectTag* (идентификатор), *guid* (уникальный ключ), *position* (координаты), *lines* (массив присоединенных линий с точками *start* и *end*), а также отдельные соединения между узлами.

Для *3D*-представления структура расширяется: каждый аппарат получает поле *data* с геометрическими размерами, а массив *lines* преобразуется в *tubes* с привязкой не к координатам, а к *guid* аппарата и номеру отверстия *hole*, что обеспечивает корректное соединение в пространстве при любом расположении аппаратов. Сохранение на сервер осуществляется через *POST*-запросы к *REST API* бэкенда.

Результаты и практическая значимость

Разработанный программный комплекс прошел апробацию на задаче по созданию схемы производства метанола и аммиака. В процессе было проведено тестирование веб-платформы и приложения для персонального компьютера.

Применение специализированной библиотеки типовых аппаратов и оптимизированных операций построения соединений позволило сократить время на построение модели технологической схемы в 2–5 раз по сравнению с классическими САПР. Автоматическая генерация трехмерной модели дает возможность визуализировать будущее производство уже на этапе эскизного проектирования, выявлять коллизии (пересечения трубопроводов, недостаток пространства для обслуживания) до начала строительства. Серверное хранение проектов обеспечивает доступ с любого устройства, поддержку версионности и коллективную работу. Универсальность формата *JSON* гарантирует интеграцию с другими цифровыми представлениями (например, с имитационной моделью в *UniSim Design*) и экспорт в промышленные стандарты.

Разработанные модули демонстрируют высокую гибкость: библиотека оборудования может быть расширена пользователем, а архитектура допускает подключение дополнительных инструментов. Возможность импорта данных из систем моделирования ХТС через модифицированную версию *CaseLinker* ускоряет создание цифровых двойников на основе существующих расчетных моделей.

Практическая значимость работы заключается в создании отечественного программного продукта, который может применяться в учебном процессе для подготовки технологов и проектировщиков, в проектных организациях для ускорения разработки и визуализации решений, на промышленных предприятиях при модернизации производств, а также в центрах компетенций по цифровизации как инструмент для построения цифровых двойников и тренажерных комплексов. В условиях импортозамещения разработанное решение является востребованной альтернативой зарубежным САПР, предлагая более низкий порог входа и веб-доступ.

Заключение

В рамках данной работы были решены следующие задачи.

- Создана комплексная архитектура системы автоматизированного проектирования, охватывающая серверное программное обеспечение, систему управления базами данных, пользовательский веб-интерфейс и графический конструктор.
- Разработан *2D*-редактор, укомплектованный каталогом типового оборудования и сопутствующих элементов, взаимодействие которого с веб-интерфейсом организовано через *UnityContext*.
- Построен модуль автоматического построения трехмерного окружения, который по данным *2D*-схемы воссоздает объемную модель с детализацией аппаратов, трубопроводов и обслуживающих устройств.
- Реализовано серверное приложение на *Python/Flask* с реляционной базой данных *PostgreSQL* для централизованного хранения проектов и управления доступом.
- Предложен унифицированный *JSON*-формат для обмена данными между модулями, обеспечивающий совместимость с другими системами.

Литература

1. Бессарабов, А.М. Разработка цифрового двойника научно-промышленного комплекса малотоннажной химии / А.М. Бессарабов, Д.А. Гришаева, В.Е. Трохин // Системный анализ в проектировании и управлении : сборник научных трудов XXVII Международной научно-практической конференции. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – Ч. 2. – С. 316–322. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id24-179. – EDN: JZKUHF.
2. Кузьмин, М.И. Применение концепции цифрового двойника на этапах проектирования, моделирования и управления химическим процессом / М.И. Кузьмин, Д.И. Кушнирук, А.В. Аникин, С.В. Верба, Д.В. Зубов // Программные продукты и системы. – 2024. – № 4. – С. 629–637. – DOI: 10.15827/0236-235X.148.629-637. – EDN: AUHOFQ.
3. Анисимов, В.И. Обзор инновационных направлений развития архитектуры схмотехнических САПР / В.И. Анисимов, С.А. Васильев, О.Б. Тарасова // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2018. – № 2. – С. 103–108. – DOI: 10.14357/20718632180209. – EDN: XQLJXV.
4. Осипов, Э.В. Применение специализированных программных комплексов для автоматизации инженерных расчетов оборудования / Э.В. Осипов, А.А. Хоменко, Л.Э. Осипова // Программные продукты и системы. – 2025. – № 1. – С. 134–142. – DOI: 10.15827/0236-235X.149.134-142. – EDN: RPIPIIS.
5. Пысин, М.Д. Передача данных и их представление в виртуальном окружении для цифрового двойника / М.Д. Пысин, А.В. Лобанов // Математические методы в технологиях и технике. – 2023. – № 6. – С. 103–106. – DOI: 10.52348/2712-8873_MMTT_2023_6_102. – EDN: UGJWFX.

References

1. Bessarabov, A.M. Razrabotka tsifrovogo dvojnika nauchno-promyshlennogo kompleksa malotonnazhnoj khimii / A.M. Bessarabov, D.A. Grishaeva, V.E. Trokhin // Sistemnij analiz v proektirovanii i upravlenii : sbornik nauchnykh trudov XXVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Spb. : POLITEKH-PRESS, 2024. – CH. 2. – S. 316–322. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id24-179. – EDN: JZKUHF.
2. Kuzmin, M.I. Primenenie kontseptsii tsifrovogo dvojnika na etapakh proektirovaniya, modelirovaniya i upravleniya khimicheskim protsessom / M.I. Kuzmin, D.I. Kushniruk, A.V. Anikin, S.V. Verba, D.V. Zubov // Programmnye produkty i sistemy. – 2024. – № 4. – S. 629–637. – DOI: 10.15827/0236-235X.148.629-637. – EDN: AUHOFQ.
3. Anisimov, V.I. Obzor innovatsionnykh napravlenij razvitiya arkhitektury skhemotekhnicheskikh SAPR / V.I. Anisimov, S.A. Vasilev, O.B. Tarasova // Informatsionnye tekhnologii i vychislitelnye sistemy. – 2018. – № 2. – S. 103–108. – DOI: 10.14357/20718632180209. – EDN: XQLJXV.
4. Osipov, E.V. Primenenie spetsializirovannykh programmnykh kompleksov dlya avtomatizatsii inzhenernykh raschetov oborudovaniya / E.V. Osipov, A.A. KHomenko, L.E. Osipova // Programmnye produkty i sistemy. – 2025. – № 1. – S. 134–142. – DOI: 10.15827/0236-235X.149.134-142. – EDN: RPIPIIS.
5. Pysin, M.D. Peredacha dannykh i ikh predstavlenie v virtualnom okruzhении dlya tsifrovogo dvojnika / M.D. Pysin, A.V. Lobanov // Matematicheskie metody v tekhnologiyakh i tekhnike. – 2023. – № 6. – S. 103–106. – DOI: 10.52348/2712-8873_MMTT_2023_6_102. – EDN: UGJWFX.

© А.В. Лобанов, М.Д. Пысин, Э.М. Кольцова, А.М. Архипов, 2026

МЕТОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ В МОДЕЛЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

М.Я. ПАШАЕВ

ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет
имени академика М.Д. Миллионщикова»,
г. Грозный

Ключевые слова и фразы: информационные потоки; управление базами данных; горно-геологическая информация; модель месторождения; качество полезного ископаемого; производственные ситуации; участки карьера.

Аннотация: Цель работы – формирование модели месторождения при добыче полезных ископаемых открытым способом. Основными задачами являются разработка информационной базы данных, для которой предложена структура, позволяющая организовывать значительные объемы разнородной информации; механизма управления горно-технологическими информационными потоками данных и методы обработки информации, позволяющие производить расчет, корректировку и варьирование производственно-технологических показателей карьера. В работе рассмотрены различные подходы к централизованному управлению базовыми горно-геологическими информационными потоками в моделях месторождений полезных ископаемых, отрабатываемых открытым способом. Проведен детальный анализ формирования необходимых и достаточных информационных потоков в геологической базе данных, являющейся основой для решения задач исследования изменчивости качественных характеристик полезного ископаемого в контурах отдельных участков карьера, подсчета объемов и качества полезного ископаемого в заданных контурах вскрышных и добычных горизонтов отрабатываемого месторождения, расчета вариантов режима ведения горных работ, расчета параметров рабочего борта карьера, расчета емкости внутренних отвалов. Определены принципы построения математической модели месторождения при внутригодовом планировании, позволяющей учесть различный характер производственных ситуаций и корректировать комплекс требований к технологии, организации и механизации ведения горных работ.

Формирование модели месторождения при добыче полезных ископаемых открытым способом должно обеспечивать быструю и эффективную корректировку геометрии кондиционных пластов и их качественных характеристик на отдельных выделенных участках месторождения с различными технологическими требованиями [4]. В этой связи геологическая база данных должна содержать всю необходимую информацию о свойствах горных пород и полезных ископаемых, из которых могут быть выделены основные полезные компоненты в соответствии с требованиями стандартов на

определенные виды сырья [5]. Геологическая база данных в качестве исходной информации должна содержать результаты опробования в скважинах детальной и эксплуатационной разведки и испытаний физико-механических свойств пород. С точки зрения информационной представительности данные опробования можно разделить на три класса. К первому классу относятся точечные пробы, взятые в малом объеме керна или при шламовом опробовании в геолого-разведочных и буровзрывных скважинах. Ко второму классу относятся линейные пробы, представляющие средние зна-

чения показателей вдоль интервала в скважине или в пределах борозды по однородному слою. К третьему классу относятся валовые пробы, усредненно представляющие некоторый объем в недрах в виде пласта или его участка, а также толщи вмещающих или покрывающих пород в пределах всего месторождения или его зоны. В соответствии с этим геологическая информация, используемая при планировании горных работ на карьере, представлена следующими группами: информация о локализации отбора проб (координаты центра пробы и ее объем, положение линии опробования для линейных проб); идентификация геологических объектов (наименования пластов, горных пород и их прослоев; информация о границах распространения геологических объектов, таких как контуры пластов или зон в плане, поверхности кровли и почвы, земная поверхность и др.); собственно данные проведенного опробования. Способ организации и хранения этой информации должен обеспечивать помимо естественных требований к компактности и скорости поиска, удобство установления связей между различными группами данных для построения математических моделей пластов на месторождениях различных типов [3]. Эти требования были учтены при выборе типа и формирования базы данных о пластопересечениях по геолого-разведочным скважинам. Поэтому в базе помимо данных по скважинам должна быть информация о пространственном расположении разведочных и профильных линий, геолого-разведочных скважин, горных выработок (фактического положения) фронта горных работ, внутренних и внешних отвалов. Источниками геологической информации являются: журналы лабораторных исследований качественных характеристик горной массы в каждой скважине по пробам; справочники координат скважин; геологические разрезы по разведочным линиям (или профильным линиям); журналы маркшейдерских замеров. Кроме первичной геологической информации, в базе данных могут храниться результаты расчетов по поперечным профильным линиям и изолиниям кровли и почвы пластов. Разработка системы моделей планирования горных работ предполагает использование большого объема различной информации (горно-геологической, технической, технологической и пр.), обладающей внутренними взаимосвязями и отношениями между различными используемыми показателями или параметрами. Необходимость

использования специфически структурированной базы данных вызвана тем обстоятельством, что таким образом обеспечивается централизованное управление данными горно-геологической и технологической информацией [6]. Рассмотрим основные преимущества, которые вытекают из централизованного управления горно-геологическими и технологическими данными, за счет которых может быть сокращена избыточность собираемой и хранимой информации. В большинстве информационных систем каждое приложение имеет собственные файлы, что зачастую приводит к значительной избыточности хранимых данных, а следовательно, к нерациональному использованию машинных ресурсов [2]. При наличии централизованного управления базой данных возможно осуществить подход к стандартизации и эффективной организации информационного потока горно-геологической информации. Это обстоятельство упрощает проблему сбора, анализа, обработки, информационной поддержки и обмена данными и может поддерживать целостность данных. Зная общие требования к информационной системе и системе управления базой данных, реализующей заданные функции, в противоположность требованиям любого отдельного пользователя, система базы данных может быть структурирована таким образом, чтобы эффективность ее функционирования была оптимальной [7].

Ядром любой системы баз данных является модель данных (концептуальная информационная модель). Диапазон структур данных, поддерживаемый в концептуальной модели, является тем фактором, который существенно влияет почти на все другие компоненты системы. Известны три подхода к формированию баз данных: реляционный подход, иерархический и сетевой. *Реляционный подход* к данным основан на том, что файлы, которые удовлетворяют определенным горно-геологическим и технологическим ограничениям, могут рассматриваться как математические отношения, а потому для решения различных практических производственных задач планирования и управления, имеющих дело с данными в таких файлах, может использоваться элементарная теория отношений [1]. *Иерархическая модель* базы данных имеет структуру в виде дерева и в противоположность реляционному подходу, где исходная симметрия сохраняется, является асимметричной. *Сетевой подход* позволяет более непо-

средственно моделировать соответствие типа «многих ко многим», чем при иерархическом подходе. Главным недостатком сетевого подхода является чрезмерная сложность как самой модели данных, так и средств системы управления, ее реализующей. Изложенные подходы отличаются способом, которым они позволяют пользователю представлять и обрабатывать структурные взаимосвязи в горно-геологической и технологической информации. При реляционном подходе связи между объектами представляются таким образом, как и сами объекты: горно-геологические и производственные объекты. При иерархическом и сетевом подходах связи представляются посредством взаимосвязей элементов структуры. Такие элементы представляют связи между объектами типа «один ко многим». Отличие между сетевым и иерархическим подходами состоит в том, что в первом случае связи позволяют образовать более сложную модель данных, выражая отношение «многие ко многим», что невозможно в иерархическом подходе. Другое отличие состоит в том, что в сетевом подходе связи поименованы, а в иерархии – безымянны. Необходимо также отметить, что реляционная модель обладает дескриптивной мощностью других моделей при меньшем числе базисных понятий и специальных случаев. Отсюда следует, что по критерию оптимальности использования для формирования горно-геологической и технологической моделей данных лучшей является реляционная модель. В настоящее время разработано значительное количество программных продуктов, реализующих функции систем управления базами данных. При выборе структуры базы данных были приняты в расчет многие обстоятельства, важнейшими из которых являются: необходимость проведения расчетов для отдельных технологических зон, которые могут включать как горизонтальные слои (группа вскрышных уступов при транспортной технологии), так и наклонные слои (добычные уступы; вскрышные уступы при перевалке вскрыши во внутренние отвалы); необходимость рассмотрения различных кондиций по минимальной выемочной мощности применительно к отдельным участкам месторождений. Указанные обстоятельства не позволяют основываться на моделях месторождений с фиксированным представлением карьерного поля в виде регулярной системы прямоугольных блоков и в то же время имеются данные геологических отчетов

по разведочным скважинам. На основании вышесказанного в качестве геологической основы для последующего моделирования были приняты данные по пластопересечениям для отдельных скважин, а для большинства расчетов используется объединение скважин в разведочные линии.

Таким образом, предлагаемый подход к централизованному управлению горно-геологическими информационными потоками в моделях баз данных месторождения полезных ископаемых позволил реализовать процедуры оперативного расчета текущих объемов полезного ископаемого и вскрышных пород при исследовании режима открытых горных работ, оптимизации технологических процессов, выборе технологических схем открытой разработки отдельных участков месторождения как в плане, так и по глубине залежей. В основу этого подхода заложено создание математической модели месторождения, описывающей с достаточной точностью распределение геометрических и качественных характеристик полезного ископаемого в пространстве месторождения. Помимо этого, необходимо осуществить математическое описание таких элементов карьера, как экскаваторные заходки, транспортные коммуникации и границы отвалов как статически, так и в процессе их перемещения в пространстве и времени. В модели месторождения исходная геологическая информация представляется колонками скважин детальной разведки, планом расположения скважин и поперечными геологическими разрезами по линиям разведочных скважин. Для каждой скважины имеем совокупность пластопересечений, представляющих собой для пластов сложного строения пересечение линии скважины с совокупностью пропластков и породных прослоев, составляющих пласт. Геометрически каждое такое пластопересечение представляет собой совокупность отрезков, соответствующих либо одному из пропластков, либо никакому из них, т.е. прослоям вскрышных пород. В такой постановке модель месторождения полезных ископаемых при открытой добыче на графическом плане подразделяется на определенные зоны, как правило, профильными линиями, по мощности полезного ископаемого на уступы, на блоки, ограниченные подвижаниями, параллельными линиями фронта ведения горных работ. Для каждого блока с помощью математической модели месторождения рассчитываются значения различных показате-

лей, характеризующих его объемы вскрыши и добычи, а также качественные характеристики добываемого полезного ископаемого.

Таким образом, такая постановка в определенной зоне ведения горных работ делает математическую модель месторождения при внутригодовом планировании достаточно гибкой и дает возможность учесть различный характер производственных ситуаций, так она позволяет корректировать первоначальные требования к технологии ведения горных работ, изменяя до-

пустимую ширину рабочих площадок и величину опережения подвигания в смежных зонах, характеризующих кривизну фронта горных работ. Кроме того, имеется возможность варьировать объемы добычи на участках месторождения, если этого требуют производственные условия, изменять граничные величины показателей, характеризующих качество полезного ископаемого. В данной модели можно учитывать необходимость форсированной отработки отдельных зон или уступов.

Литература

1. Богаткина, Ю.Г. Модели базы знаний и базы данных технико-экономических показателей по нефтегазовым месторождениям в интеллектуально-логической системе «ГРАФ» / Ю.Г. Богаткина // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 6. – С. 65–69. – DOI: 10.24887/0028-2448-2023-6-65-69. – EDN: ASAXWQ.
2. Борисевич, Ю.П. Создание базы исходных данных для разработки интегрированной модели В ПО PROSPER Сазонтьевского месторождения в рамках концептуального проектирования / Ю.П. Борисевич, Н.Ю. Хохлова // Естественные и технические науки. – 2025. – № 3(202). – С. 302–305. – EDN: BELCIZ.
3. Гончаренко, С.Н. Геостатистический анализ ресурсной базы месторождения на основе создания трехмерных каркасных моделей минерализованных зон / С.Н. Гончаренко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2021. – № 1(57). – С. 46–62. – DOI: 10.21685/2072-3059-2021-1-5. – EDN: CPCZPW.
4. Гончаренко, С.Н. Построение индикаторной модели интерпретации границ геологических и рудных областей минерализации месторождения / С.Н. Гончаренко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 5. – С. 184–196. – DOI: 10.24412/2071-6168-2021-5-184-197. – EDN: SJJCAF.
5. Козырев, А.А. Опыт применения Cae Fidesys при разработке численных геомеханических моделей Ждановского месторождения / А.А. Козырев, А.В. Земцовский, М.С. Кулькова, М.А. Соннов // Горная промышленность. – 2021. – № 6. – С. 94–98. – DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-94-98. – EDN: XMRGPY.
6. Пашаев, М.Я. Системный анализ конъюнктуры цифровой трансформации промышленных предприятий в перспективных сценариях развития региональных систем / М.Я. Пашаев // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 12(195). – С. 66–70. – EDN: YABUZW.
7. Сайкин, Д.О. Мультиагентный подход к решению задачи транспортирования полезных ископаемых на открытых горных работах / Д.О. Сайкин, Л.Д. Певзнер // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 5(176). – С. 62–65. – EDN: DXJVEG.

References

1. Bogatkina, YU.G. Modeli bazy znaniy i bazy dannykh tekhniko-ekonomicheskikh pokazatelej po neftegazovym mestorozhdeniyam v intellektualno-logicheskoy sisteme «GRAF» / YU.G. Bogatkina // Neftyanoe khozyajstvo. – 2023. – № 6. – S. 65–69. – DOI: 10.24887/0028-2448-2023-6-65-69. – EDN: ASAXWQ.
2. Borisevich, YU.P. Sozдание bazy iskhodnykh dannykh dlya razrabotki integrirovannoj modeli V PO PROSPER Sazontevskogo mestorozhdeniya v ramkakh kontseptualnogo proektirovaniya / YU.P. Borisevich, N.YU. KHokhlova // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2025. – № 3(202). – S. 302–305. – EDN: BELCIZ.
3. Goncharenko, S.N. Geostatisticheskij analiz resursnoj bazy mestorozhdeniya na osnove sozdaniya trekhmernykh karkasnykh modelej mineralizovannykh zon / S.N. Goncharenko // Izvestiya

vysshikh uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Tekhnicheskie nauki. – 2021. – № 1(57). – S. 46–62. – DOI: 10.21685/2072-3059-2021-1-5. – EDN: CPCZPW.

4. Goncharenko, S.N. Postroenie indikatornoj modeli interpretatsii granits geologicheskikh i rudnykh oblastej mineralizatsii mestorozhdeniya / S.N. Goncharenko // Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2021. – № 5. – S. 184–196. – DOI: 10.24412/2071-6168-2021-5-184-197. – EDN: SJJCAF.

5. Kozyrev, A.A. Opyt primeneniya Cae Fidesys pri razrabotke chislennykh geomekhanicheskikh modelej Zhdanovskogo mestorozhdeniya / A.A. Kozyrev, A.V. Zemtsovskij, M.S. Kulkova, M.A. Sonnov // Gornaya promyshlennost. – 2021. – № 6. – S. 94–98. – DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-94-98. – EDN: XMRGPY.

6. Pashaev, M.YA. Sistemnij analiz konyunktury tsifrovoj transformatsii promyshlennykh predpriyatij v perspektivnykh stsenariyakh razvitiya regionalnykh sistem / M.YA. Pashaev // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 12(195). – S. 66–70. – EDN: YABUZW.

7. Sajkin, D.O. Multiagentnij podkhod k resheniyu zadachi transportirovaniya poleznykh iskopaemykh na otkrytykh gornykh rabotakh / D.O. Sajkin, L.D. Pevzner // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 5(176). – S. 62–65. – EDN: DXJVEG.

© М.Я. Пашаев, 2026

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ ДОКУМЕНТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕПЕРТУАРНЫХ РЕШЕТОК

А.А. ПОЛУСМАК, А.С. ВЕЛИЧКО

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
г. Владивосток*

Ключевые слова и фразы: слабоструктурированные данные; репертуарные решетки; многомерный анализ; кластерный анализ; иерархическая кластеризация; признаковое пространство; стратегическое планирование.

Аннотация: Документы стратегического планирования содержат значительные объемы слабоструктурированной текстовой информации, анализ которой затруднен из-за отсутствия единого формального представления смысловых единиц. Актуальность исследования обусловлена необходимостью преобразования содержания таких документов в структурированные данные, пригодные для количественного анализа и сопоставления. Цель работы заключается в разработке метода формализации семантических единиц стратегического документа на основе технологии репертуарных решеток и методов многомерного анализа. В ходе исследования выделяются элементы, соответствующие проблемам, целям и направлениям развития, формируется система биполярных конструкторов и строится матрица оценок, задающая признаковое пространство. Для анализа близости элементов использованы евклидово расстояние, иерархическая кластеризация и алгоритм Уорда. Апробация метода выполнена на примере документа макростратегического целеполагания. Установлено, что полученные кластеры позволяют выявлять дополнительные содержательные связи между элементами документа, неявно представленные в его формальной структуре. Практическая значимость работы состоит в возможности применения предложенного подхода для анализа согласованности стратегических документов, выявления дублирующих смысловых единиц и подготовки данных для последующего использования методов интеллектуального анализа.

Современные социально-экономические системы требуют обработки значительных объемов разнородной информации для обоснования управленческих решений. В условиях цифровой трансформации государственного управления возрастает потребность в преобразовании содержания стратегических документов в структурированные данные, пригодные для количественного анализа и сопоставления. Такой переход соответствует задачам совершенствования системы стратегического планирования, предусмотренным Федеральным законом № 172-ФЗ [4].

Стратегические документы содержат значительные объемы слабоструктурированной

текстовой информации, представленной в виде целей, задач, мероприятий и направлений развития [2; 4; 5]. Ее элементы неоднородны по содержанию, различаются по степени детализации и не имеют единого формального описания, что затрудняет количественное сопоставление содержательных единиц и выявление устойчивых взаимосвязей, особенно при совместном анализе нескольких документов.

Традиционная структура документа задается автором и имеет иерархический характер, однако не всегда отражает все содержательные взаимосвязи между его элементами. В отличие от нее, структура данных, формируемая в результате анализа, может иметь сетевой характер

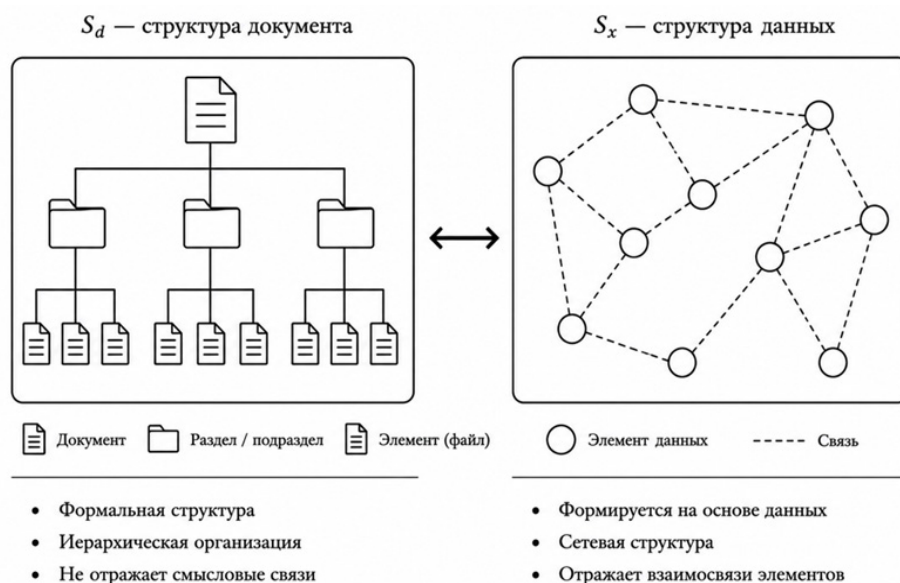


Рис. 1. Две структуры одного содержания: структура документа и структура данных

и выявлять дополнительные связи, не представленные в формальной структуре документа. Это обуславливает необходимость разработки методов формализации текстовой информации.

На рис. 1 представлено сопоставление структуры документа и структуры данных, формируемой в результате анализа. Первая отражает логику изложения материала, тогда как вторая строится на основе количественной оценки взаимосвязей между элементами и позволяет выявлять их содержательную близость.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа согласованности стратегических документов и выявления дублирующих смысловых элементов [2; 7]. В качестве исходных данных использованы документы стратегического планирования социально-экономического развития Арктической зоны РФ и Дальнего Востока, размещенные на официальном портале правовой информации [5]. Для апробации метода выбран документ макростратегического целеполагания, поскольку документы данного уровня формируют систему целей и приоритетов стратегического развития и служат основой для разработки взаимосвязанных документов более низких уровней [4]. Разработанный подход может быть распространен на анализ совокупности документов стратегического планирования, что создает предпосылки для исследования их согласованности, полноты и взаимосвязей. Цель работы заключается в форма-

лизации семантических единиц стратегического документа на основе признакового представления и выявлении их структурных взаимосвязей. Для решения поставленной задачи используется технология репертуарных решеток, позволяющая сформировать признаковое представление данных для последующего многомерного анализа.

Отдельные аспекты применения репертуарных решеток для анализа стратегических документов рассматривались ранее в работах автора [6]. Теоретические основы метода репертуарных решеток изложены в работах Дж. Келли, Ф. Франселлы и Д. Джанковича [10; 12; 13].

В современных исследованиях кластеризация текстовых документов рассматривается как задача группировки текстовых объектов на основе их векторного представления, выбора меры сходства и алгоритма кластеризации [8; 9]. Такие подходы эффективны при обработке больших текстовых массивов, однако в меньшей степени ориентированы на анализ содержательных взаимосвязей между смысловыми единицами отдельного документа. В данной работе объектом анализа выступают выделенные смысловые единицы, представленные в виде репертуарной решетки на основе системы биполярных конструкторов. Это позволяет сохранить интерпретируемость признаков и анализировать содержательную согласованность структуры документа средствами многомерного

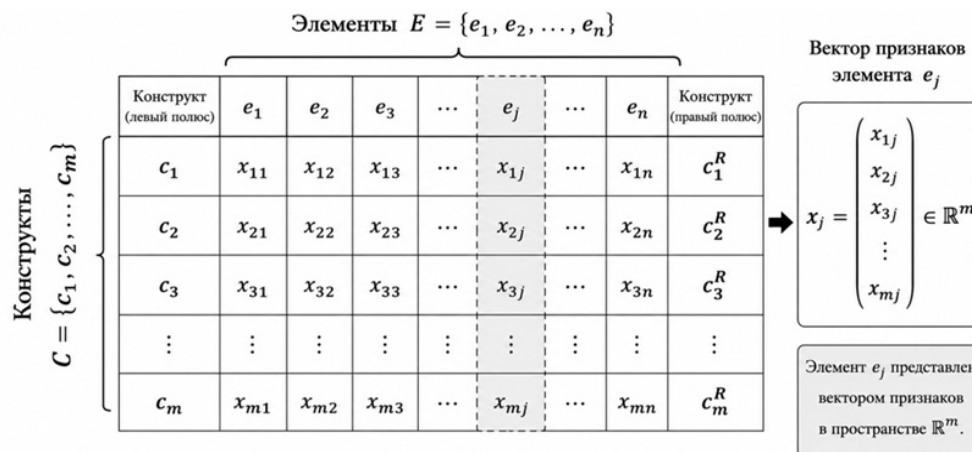


Рис. 2. Представление элементов в виде матрицы признаков (репертуарная решетка)

анализа.

Научная новизна работы заключается в разработке способа формализации семантических единиц документов стратегического планирования с использованием технологии репертуарных решеток для построения признакового пространства и выявления структурных взаимосвязей средствами многомерного анализа.

В исследовании использовалась репертуарная решетка, включающая 41 элемент и 12 биполярных конструктов. Оценивание элементов выполнялось экспертом на основе анализа содержания документа. Такой подход позволяет оценить, в какой степени формальная структура документа соответствует фактическим взаимосвязям между содержащимися в нем смысловыми единицами.

В ходе анализа из текста выделяется множество элементов $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$, где каждый элемент представляет отдельную смысловую единицу документа, такую как проблема, задача, цель или направление развития. Для описания элементов формируется множество конструктов $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$, где каждый конструкт задает отдельный признак пространства и отражает одну из характеристик анализируемых элементов. В рамках технологии репертуарных решеток каждый конструкт задается парой противоположных полюсов, между которыми оценивается положение элемента. Оценка элемента e_j по конструкту c_i обозначается через x_{ij} . Совокупность оценок образует матрицу $X = (x_{ij}) \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$, в которой строки соответствуют конструктам, а столбцы – элементам. Каждому элементу e_j со-

поставляется вектор признаков:

$$x_j = \begin{pmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ \vdots \\ x_{mj} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^m.$$

Для перехода от текстового описания к формализованному представлению используется технология репертуарных решеток. Она позволяет фиксировать взаимосвязи между анализируемыми элементами и их характеристиками в виде матрицы оценок [10; 12; 13; 15]. На основе полученной матрицы формируется m -мерное признаковое пространство, в котором каждому элементу документа соответствует вектор признаков. Такое представление создает основу для применения методов многомерного анализа, включая кластеризацию, факторный анализ и методы снижения размерности [3]. Конструкты отражают ключевые характеристики смысловых единиц документа, а элементы представляют наиболее значимые содержательные компоненты текста, выделенные на основе экспертного анализа содержания документа.

Оценивание элементов по каждому конструкту осуществляется по порядковой пятибалльной шкале, отражающей степень соответствия элемента характеристикам конструкта [10; 12; 13]. Значения оценок удовлетворяют условию $x_{ij} \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$, где крайние значения соответствуют противоположным полюсам конструкта. В результате формируется единое

Таблица 1. Иллюстративный пример матрицы оценок элементов по биполярным конструктам

Конструкт (левый полюс)	L2E13 Незрелость энергосистемы	L2E22 Угроза окружающей среде	L2E30 Отсутствие сети высокоскоростных магистралей	L2E36 Низкий уровень логистических услуг	L2E09 Низкий уровень развития информационно-коммуникационной инфраструктуры	Конструкт (правый полюс)
Ограниченный инвестиционный потенциал	4	3	5	4	4	Высокая инвестиционная привлекательность
Низкое качество жизни населения	3	5	2	3	3	Высокий уровень благополучия
Технологическая зависимость	4	2	4	3	5	Технологическая самостоятельность

признаковое пространство, позволяющее количественно сравнивать смысловые единицы документа, выявлять скрытые закономерности и анализировать степень согласованности структуры стратегического документа. Структура репертуарной решетки и представление элементов в виде матрицы признаков приведены на рис. 2. Задача исследования заключается в выявлении структурных закономерностей, групп семантически близких элементов и анализе их взаимосвязей.

Для иллюстрации процедуры формирования репертуарной решетки можно привести несколько примеров элементов и конструктов. В качестве элементов рассматриваются смысловые единицы документа, такие как «Развитие транспортной инфраструктуры», «Цифровизация государственных услуг», «Поддержка малого и среднего бизнеса», «Экологическая безопасность региона» и «Развитие человеческого капитала». Конструкты задаются в виде биполярных шкал, отражающих противоположные состояния анализируемых характеристик, например: «ограниченный инвестиционный потенциал – высокая инвестиционная привлекательность», «низкое качество жизни населения – высокий уровень благополучия», «технологическая зависимость – технологическая самостоятельность», «инфраструктурные ограничения – развитая инфраструктура».

На основе экспертной оценки формируется матрица, в которой строки соответствуют биполярным конструктам, а столбцы – элементам документа. Полюса конструкта задают смысловую шкалу оценки, а значение в ячейке отражает положение элемента на этой шкале. Пример такой матрицы приведен в табл. 1.

Приведенный пример используется исключительно для пояснения процедуры формирования признакового пространства. В основном исследовании применяются фактические элементы и конструкты, полученные при анализе выбранного документа стратегического планирования.

Для анализа данных, представленных в виде репертуарной решетки, применялись методы многомерного анализа, ориентированные на исследование взаимосвязей между объектами в признаковом пространстве [3]. Близость элементов определялась на основе евклидова расстояния. Расчеты и визуализация выполнены в программном пакете *OpenRepGrid*, реализованном на языке *R* и предназначенном для построения и анализа репертуарных решеток [11]. Иерархическая кластеризация выбрана с учетом задачи исследования: необходимо не только выделить группы сходных элементов, но и проследить последовательность их объединения на разных уровнях содержательной близости. Для формирования кластеров применялся алгоритм

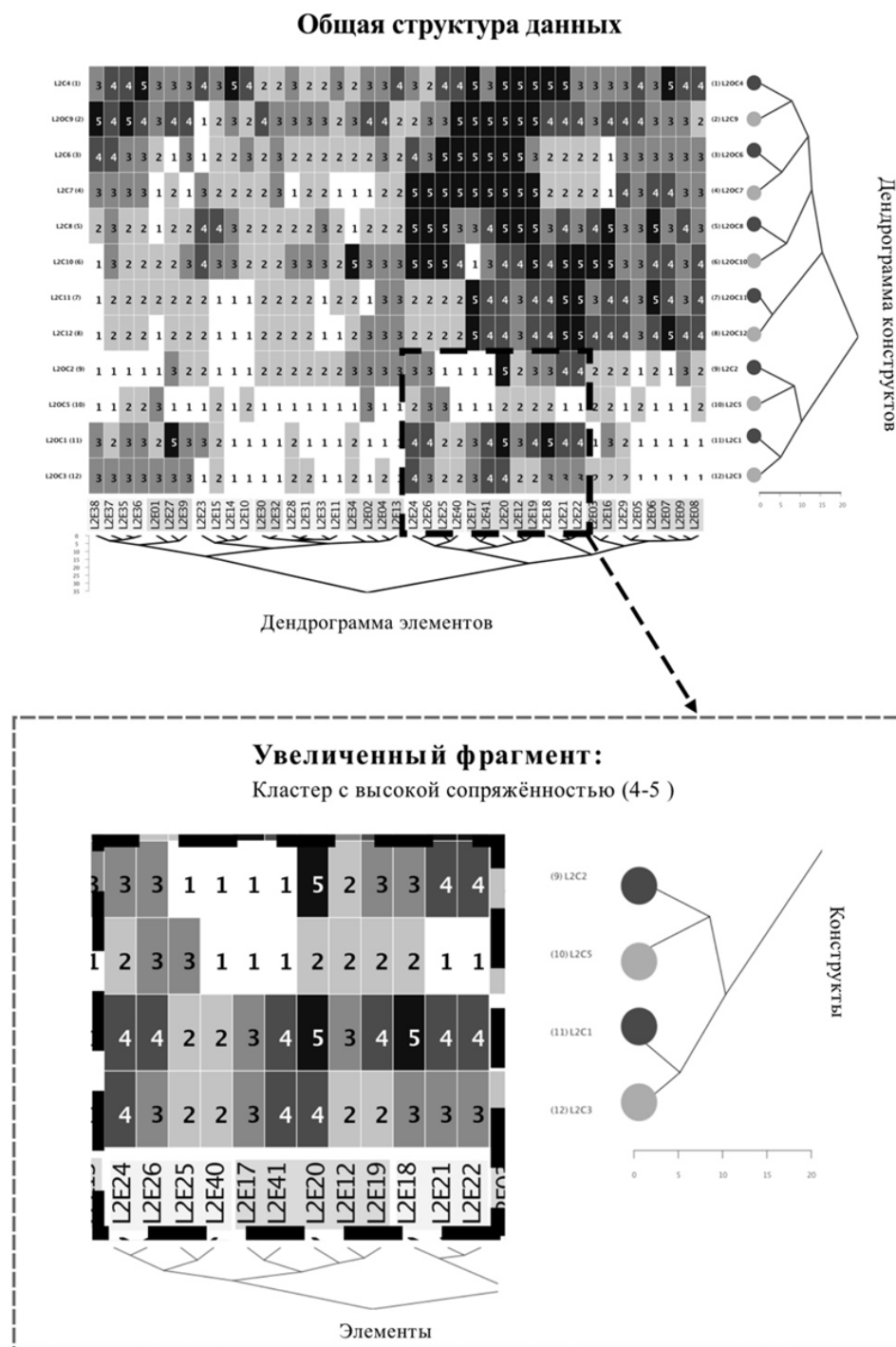


Рис. 3. Матрица оценок и результаты иерархической кластеризации элементов и конструктов в системе *OpenRepGrid*

Уорда, обеспечивающий минимизацию внутрикластерной дисперсии [3; 8; 9]. Полученная дендрограмма служила основой для интерпретации структуры взаимосвязей между элементами документа.

Для выделенных элементов и конструктов

сформирована репертуарная решетка, включающая 41 элемент и 12 биполярных конструктов, на основе которой построено признаковое пространство и выполнен иерархический кластерный анализ. В результате выделено четыре устойчивых кластера элементов, отражающих

различные группы взаимосвязанных проблем и направлений развития региона. Полученные кластеры позволяют выявлять дополнительные содержательные связи между элементами документа, неявно представленные в его формальной структуре.

На рис. 3 представлен общий вид структуры данных, включающий матрицу оценок, дендрограмму элементов и дендрограмму конструкторов, а также увеличенный фрагмент кластера с высокими значениями сопряженности. Для интерпретации результатов кластерного анализа использовалось сопоставление сокращенных обозначений элементов и конструкторов, представленных на дендрограмме, с их содержательными наименованиями, частично приведенными в тексте. Использование сокращенных обозначений обусловлено необходимостью компактного представления длинных текстовых формулировок на дендрограмме.

В рассматриваемом фрагменте кластера объединены элементы, связанные с угрозами безопасности территории, национальным интересам, конкурентоспособностью транспортной системы, развитием международных транспортных коридоров, освоением минерально-сырьевых центров и обеспечением технологической независимости. Наиболее тесные связи наблюдаются с конструктами *L2C1* «Социальное развитие», *L2C2* «Инфраструктура», *L2C3* «Экономическое развитие» и *L2C5* «Качество жизни населения».

Высокие оценки по конструктам «Инфраструктура», «Качество жизни населения», «Социальное развитие» и «Экономическое развитие» показывают, что выявленные проблемы оказывают существенное влияние на ключевые направления развития региона. Результаты кластерного анализа позволяют не только выявлять устойчивые группы взаимосвязанных элементов, но и использовать их для дополнительной интерпретации структуры документа и оценки согласованности его разделов. Полученные результаты подтверждают возможность применения разработанного подхода для выявления структурных закономерностей в слабоструктурированных текстах и демонстрируют устойчивость выделенных кластеров при анализе взаимосвязей между элементами документа. Результаты согласуются с современными исследованиями в области применения репертуарных решеток и кластерного анализа [9; 14].

В работе предложен метод формализации слабоструктурированных текстовых данных стратегических документов на основе признакового представления. Показано, что применение методов многомерного анализа позволяет выявлять устойчивые взаимосвязи между элементами и формировать альтернативную структуру данных.

Исследование носит апробационный характер и направлено на проверку возможности применения технологии репертуарных решеток для представления семантических единиц стратегических документов в виде признакового пространства. Ограничением подхода является использование экспертных оценок, что может вносить субъективность в результаты анализа. В рамках исследования оценивание выполнялось одним экспертом на основе открытых источников и анализа содержания документа.

Влияние данного фактора может быть снижено за счет применения формализованных процедур оценки, привлечения нескольких профильных экспертов с последующей агрегацией их мнений, использования методов проверки согласованности, а также частичной автоматизации формирования признакового пространства.

Перспективным направлением является расширение исследования на совокупность взаимосвязанных документов стратегического планирования, автоматизация формирования признакового пространства и применение современных методов обработки текстовых данных [9]. Дополнительные возможности развития подхода связаны с переходом к графовым моделям представления взаимосвязей между элементами документов и использованием методов анализа сложных сетей для исследования структуры социально-экономических систем [1].

Литература

1. Абрамов, А.Л. Анализ сложных сетей на платформе искусственного интеллекта BAUM AI: построение первичных графовых моделей городов / А.Л. Абрамов, А.С. Величко, В.С. Тынченко, П.А. Строганов // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2023. – № 11(170). – С. 14–19. – EDN: JJRRYI.

2. Кондратьева, С.В. Направления и приоритеты развития туризма в Арктике: контент-анализ стратегических документов / С.В. Кондратьева, Е.А. Шлапеко // Арктика и Север. – 2024. – № 57. – С. 136–154. – DOI: 10.37482/issn2221-2698.2024.57.136. – EDN: KZUYUA.
3. Ниворожкина, Л.И. Многомерные статистические методы в экономике : учебник / Л.И. Ниворожкина, С.В. Арженовский. – М. : Дашков и К°, 2008. – 224 с. – ISBN: 978-5-91131-565-8. – EDN: QSLGRL.
4. О стратегическом планировании в Российской Федерации : Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ.
5. Официальный интернет-портал правовой информации: государственная система правовой информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://pravo.gov.ru>.
6. Полусмак, А.А. Технология репертуарных решеток для структурно-функционального анализа пространственного развития / А.А. Полусмак, А.Л. Абрамов // Far East Math - 2024 : Материалы V национальной научной конференции. – Хабаровск, 2025. – С. 62–69. – EDN: OIXPYZ.
7. Трифонова, П.С. Основные стратегические документы субъектов Российской Федерации: анализ, актуализация, индивидуализация / П.С. Трифонова // Вестник университета. – 2021. – № 6. – С. 31–43. – DOI: 10.26425/1816-4277-2021-6-31-43. – EDN: RZCLLH.
8. Aggarwal, C.C. A Survey of Text Clustering Algorithms / C.C. Aggarwal, C. Zhai // Mining Text Data / ed. by C.C. Aggarwal, C. Zhai. – Boston : Springer, 2012. – P. 77–128. – DOI: 10.1007/978-1-4614-3223-4_4.
9. Ahmed, M.H. Short Text Clustering Algorithms, Application and Challenges: A Survey / M.H. Ahmed, S. Tiun, N. Omar, N.S. Sani // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – No. 1. – Art. 342. – DOI: 10.3390/app13010342. – EDN: GCHPIW.
10. Fransella, F. A Manual for Repertory Grid Technique / F. Fransella, D. Bannister. – London : Academic Press, 1977.
11. Heckmann, M. OpenRepGrid: An R Package for the Analysis of Repertory Grid Data / M. Heckmann // Journal of Open Source Software. – 2024. – Vol. 9. – No. 104. – Art. 6918. – DOI: 10.21105/joss.06918. – EDN: WECBEF.
12. Jankowicz, D. The Easy Guide to Repertory Grids / D. Jankowicz. – Chichester : Wiley, 2020.
13. Kelly, G.A. The Psychology of Personal Constructs / G.A. Kelly. – New York : Norton, 1955.
14. Rahman, R. Advancing the Use of the Repertory Grid Technique in the Built Environment: A Systematic Review / R. Rahman, D. Bidoun, A. Agiel, A. Albdour // Frontiers in Built Environment. – 2022. – Vol. 8. – Art. 1082149. – DOI: 10.3389/fbuil.2022.1082149. – EDN: HDUOZ.
15. Stewart, V. Business Applications of Repertory Grid / V. Stewart, A. Stewart. – London : McGraw-Hill, 1981.

References

1. Abramov, A.L. Analiz slozhnykh setej na platforme iskusstvennogo intellekta BAUM AI: postroenie pervichnykh grafovnykh modelej gorodov / A.L. Abramov, A.S. Velichko, V.S. Tynchenko, P.A. Stroganov // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2023. – № 11(170). – С. 14–19. – EDN: JJRYI.
2. Kondrateva, S.V. Napravleniya i priority razvitiya turizma v Arktike: kontent-analiz strategicheskikh dokumentov / S.V. Kondrateva, E.A. Shlapenko // Arktika i Sever. – 2024. – № 57. – С. 136–154. – DOI: 10.37482/issn2221-2698.2024.57.136. – EDN: KZUYUA.
3. Nivorozhkina, L.I. Mnogomernye statisticheskie metody v ekonomike : uchebnik / L.I. Nivorozhkina, S.V. Arzhenovskij. – М. : Dashkov i K°, 2008. – 224 с. – ISBN: 978-5-91131-565-8. – EDN: QSLGRL.
4. О стратегическом планировании в Российской Федерации : Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ.
5. Официальный интернет-портал правовой информации: государственная система правовой информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://pravo.gov.ru>.
6. Polusmak, A.A. Tekhnologiya repertuarnykh reshetok dlya strukturno-funktsionalnogo analiza prostranstvennogo razvitiya / A.A. Polusmak, A.L. Abramov // Far East Math - 2024 : Materialy V

natsionalnoj nauchnoj konferentsii. – Khabarovsk, 2025. – S. 62–69. – EDN: OIXPYZ.

7. Trifonova, P.S. Osnovnye strategicheskie dokumenty subektov Rossijskoj Federatsii: analiz, aktualizatsiya, individualizatsiya / P.S. Trifonova // Vestnik universiteta. – 2021. – № 6. – S. 31–43. – DOI: 10.26425/1816-4277-2021-6-31-43. – EDN: RZCLLH.

© А.А. Полусмак, А.С. Величко, 2026

ПЛАНИРОВАНИЕ МАРШРУТА ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ

РИША АРЕЖ, М.Ю. КОСИНСКИЙ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: беспилотный летательный аппарат; оптимизация; генетический алгоритм; муравьиный алгоритм; гибридный алгоритм оптимизации.

Аннотация: Целью исследования является разработка адаптивного подхода для планирования траекторий группы беспилотных летательных аппаратов, обеспечивающих минимизацию времени исследования заданной области, на основе муравьиного алгоритма. При этом решаются задачи автоматизации настройки его параметров с использованием генетического алгоритма и учета влияния таких факторов, как ветер, осадки, состояние заряда батареи, при планировании траекторий.

Исследование основано на гипотезе о том, что автоматическая коррекция коэффициентов муравьиного алгоритма позволит найти оптимальное решение в условиях изменения параметров задачи, а учет влияния внешних факторов на планирование траектории повышает надежность поисковых задач. В нем используются методы системного анализа, математического анализа и оптимизации. Была разработана оригинальная целевая функция, которая учитывает ветер, осадки и заряд батареи, а также введены весовые коэффициенты для подтверждения их важности. В нем предлагается метод расчета этих коэффициентов.

На основе совместного применения муравьиного и генетического алгоритма предложен гибридный подход для планирования траекторий на основе сформулированной целевой функции.

Рассмотрено моделирование разработанного подхода для различных вариантов погодных условий и заряда аккумуляторов. Анализ полученных результатов показал корректность проводимой автоматической настройки параметров муравьиного алгоритма и весовых коэффициентов целевой функции, а следовательно, и учета метеорологических факторов и уровня заряда аккумулятора в рассчитанных маршрутах.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в настоящее время широко применяются в логистике, наблюдении, реагировании на чрезвычайные ситуации. Для работы БПЛА ключевой задачей является разработка эффективного и автономного планирования траекторий. Это предполагает оптимизацию построения траекторий для улучшения операции поиска, избегания препятствий, обеспечения энергоэффективности. Для решения подобных задач исследователи все чаще используют метаэвристические алгоритмы, такие как муравьиный алгоритм (МА), генетический алгоритм (ГА), а также их гибридизацию [1].

Использование алгоритма МА для построения траекторий поиска, особенно на обширных областях, имеет много преимуществ. Однако алгоритм чувствителен к настройке своих параметров, что может привести к неоптимальным решениям или затягиванию в рабочих процедурах [5].

Рассматриваемая задача связана с построением оптимальных маршрутов для групп беспилотных летательных аппаратов для обзора заданного участка местности. При этом траектория каждого БПЛА состоит из нескольких узлов, а начальный и конечный узлы совпадают. Для разделения области поиска между от-

дельными БПЛА группы предлагается использовать метод кластеризации *K-means*. При этом область поиска разделяется на секторы C_m , $m = 1, \dots, L$, где L – количество БПЛА в группе. Размеры секторов задаются пропорционально уровню заряда аккумулятора каждого БПЛА SOC_m :

$$C_m \propto SOC_m, \quad m = 1, \dots, L.$$

Область поиска (G), набор узлов (V) и мно-

жество ребер (D), связывающих узлы, можно описать в виде:

$$\begin{cases} G(V, D, C), \\ V = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_L), \\ D = \{D_{ij}\}, \quad i, j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (1)$$

Для обеспечения охвата всей исследуемой местности за минимальное время можно сформулировать следующую целевую функцию:

$$T = \sum_{m=1}^L \sum_{i=1}^{V_L} \sum_{j=1}^{V_L} x_{ij} t_{ij} (w_1 E_{w_{ij}} + w_2 E_{r_{ij}} + w_3 E_{b_{ij}}) \quad \forall i \neq j, \quad (2)$$

$$T \rightarrow \min \quad \forall i \neq j, \quad (3)$$

где $t_{ij} = D_{ij}/v_{ij}^g$ – время перелета из i в j узел; v_{ij}^g – путевая скорость БПЛА при переходе перелета из i в j узел; $x_{ij} = \{0; 1\}$ – параметр, учитывающий единственность входа и выхода в каждом узле.

Путевая скорость с учетом угла между направлением движения БПЛА и направлением ветра (φ_{ij}) определяется выражением:

$$v_{ij}^g = v_{ij}^a + v_w \cos(\varphi_{ij}), \quad (4)$$

где v_{ij}^a – воздушная скорость БПЛА; v_w – скорость ветра.

Дополнительно в (2) введены: $E_{w_{ij}}$ – параметр стоимости влияния ветра, $E_{r_{ij}}$ – параметр стоимости влияния интенсивности осадков, $E_{b_{ij}}$ – параметр стоимости влияния энергопотребления, а также весовые коэффициенты w_1 , w_2 , w_3 , определяющие значимость влияния ветра, дождя, энергопотребления соответственно.

Энергопотребление определяется на основе технических характеристик БПЛА, скорости ветра V_{wind} и его направления. С учетом этого мощность, потребляемую БПЛА при перемещении от узла i к узлу j , можно вычислить по формуле:

$$E_{b_{ij}} = P_{ij} = \frac{1}{2} C_d A_f p_a v_{ij}^3 + \frac{(mg)^2}{p_a b^2 v_{ij}^a}, \quad (5)$$

где C_d – коэффициент аэродинамического сопротивления, A_f – площадь миделева сечения (m^2), p_a – плотность воздуха (kg/m^3), m – масса БПЛА (kg), b – размах БПЛА (m), v – скорость

полета (m/s). Эти параметры задаются в технической документации на аппарат. Для расчетов, связанных с аэродинамическими характеристиками и энергетическими моделями беспилотного летательного аппарата, использовались табличные значения плотности воздуха, соответствующие Международной стандартной атмосфере (*ISA*) [10].

Рассмотрим влияние ветра на энергопотребление при движении по маршруту.

На скорость полета беспилотного летательного аппарата влияет ветер, и попутный ветер увеличивает путевую скорость, сокращая потребление энергии и время в пути между узлами, в то время как встречный ветер снижает путевую скорость и увеличивает время в пути и потребление энергии.

С учетом исследований, проведенных в [6], в целевой функции (2) влияние ветра предлагается учесть в следующем виде:

$$E_{w_{ij}} = P_{ij}(1 - \cos \varphi_{ij}). \quad (6)$$

Для учета влияния осадков на энергопотребление предлагается использовать модель, основанную на интенсивности осадков R_r ($mm/ч$) и коэффициенте kr (mm^{-1}), учитывающем размеры капель для различного типа осадков (0,25 при мороси, 0,5 при умеренном дожде или 0,75 при ливне) [7]:

$$E_{r_{ij}} = P_{ij} k_r R_r. \quad (7)$$

Для повышения надежности выполнения поисковой задачи предлагается ранжировать

факторы, включенные в целевую функцию, по значимости, исходя из конструктивно-технических ограничений беспилотного летательного аппарата. Для этого введем коэффициент относительной важности фактора (DOI), определяемый как отношение текущего значения параметра к его номинальной величине, соответствующей устойчивому режиму полета. В качестве номинальных принимаются значения скорости ветра V_{wind}^m и интенсивности осадков R_{rain}^m , указанные в технической документации на аппарат.

Примем во внимание, что для определения энергопотребления минимально допустимый уровень заряда батареи (SOC) должен составлять 25 % от ее емкости, чтобы рассчитать коэффициент DOI . Заряд батареи можно рассчитать с помощью следующего уравнения при переходе между соседними узлами:

$$\Delta soc_{ij} = \frac{E_{bij}}{C_{nom} U_{nom}} t_{ij}. \quad (8)$$

С учетом (8) фактор энергопотребления

предлагается считать значимым, если перемещение между узлами вызовет понижение уровня заряда батареи до минимально допустимого.

Таким образом, коэффициент DOI для факторов, включенных в целевую функцию (2), предлагается рассчитывать таким образом:

$$\begin{cases} wind_{DOI}(i, j, t) = \frac{V_{wind}(i, j, t)}{V_{wind}^m}, \\ V_{wind}(i, j, t) = \frac{V_{wind}(i, t) + V_{wind}(j, t)}{2}, \\ rain_{DOI}(i, j, t) = \frac{R_{rain}(i, j, t)}{R_{rain}^m}, \\ R_{rain}(i, j, t) = \frac{R_{rain}(i, t) + R_{rain}(j, t)}{2}, \\ soc_{DOI}(i, t) = \frac{\Delta soc_{ij}(t)}{soc_m - 0,25}. \end{cases} \quad (9)$$

С учетом (9) получим нормализованные значения весовых коэффициентов $w_1, w_2, w_3 \in [0; 1]$ для целевой функции по (10):

$$\begin{cases} w_1(i) = \frac{wind_{DOI}(i, t)}{wind_{DOI}(i, t) + rain_{DOI}(i, t) + soc_{DOI}(i, t)}, \\ w_2(i) = \frac{rain_{DOI}(i, t)}{wind_{DOI}(i, t) + rain_{DOI}(i, t) + soc_{DOI}(i, t)}, \\ w_3(i) = \frac{soc_{DOI}(i, t)}{wind_{DOI}(i, t) + rain_{DOI}(i, t) + soc_{DOI}(i, t)}. \end{cases} \quad (10)$$

Сформулированная задача оптимизации в полученной постановке успешно решается при помощи муравьиного алгоритма [1–5]. Однако он характеризуется высокой чувствительностью к параметрам ($\alpha, \beta, \rho, Q, k, P, \tau_{ij}(0)$), что может приводить к слабой сходимости к оптимальному решению.

Феромоны начальных итераций муравьиного алгоритма фокусируются на определенных маршрутах, вызывая раннюю сходимость к неоптимальным решениям, и, следовательно, правильная настройка этих параметров может ускорить сходимость к оптимальному решению и улучшить качество алгоритма при поиске кратчайших оптимальных маршрутов, которые определяют минимальное время выполнения задачи [2–5].

Рассмотрим влияние параметров муравьи-

ного алгоритма на его работу.

1. Количество муравьев k . При малом числе муравьев алгоритм слабо исследует пространство поиска, т.к. при построении маршрута участвует малое число агентов, что может привести к неоптимальному решению. Увеличение числа муравьев улучшает баланс между поиском агентами новых перспективных маршрутов и использованием уже найденных путей, но приводит к росту вычислений на каждой итерации и, соответственно, увеличению времени выполнения алгоритма. На практике k может задаваться соизмеримым с количеством узлов графа.

2. Коэффициент влияния феромонов α учитывает влияние феромонов агентами. При $\alpha = 0$ муравьи не учитывают феромон и выбирают следующий узел только исходя из стоимости

маршрута, это приводит к ранней сходимости и снижает способность алгоритма исследовать граф, из-за чего можно не достигнуть оптимального решения. При большом значении α выбор маршрута определяется в основном интенсивностью ферменного следа, а не информацией о стоимости перехода.

3. Коэффициент влияния длины ребра β учитывает влияние стоимости перехода. При $\beta = 0$ муравьи игнорируют информацию о стоимости перехода и следуют только ферменному следу, что ограничивает поиск и может привести к неоптимальному решению. При большом β фактор стоимости в выборе узла начинает доминировать, и алгоритм на каждом этапе стремится выбрать соседние узлы.

4. Коэффициент испарения феромонов ρ отражает скорость забывания предыдущих путей. При $\rho = 0$ после каждой итерации феромоны накапливаются без испарения, что приводит к неоптимальному решению. При $\rho = 1$ феромоны не накапливаются, поэтому агент выбирает следующий узел маршрута без учета накопленного опыта других агентов.

5. Коэффициент Q определяет количество добавляемого феромона при проходе агента по ребру. Когда его значение мало, даже маршруты с низкой стоимостью перехода будут усиливаться слабо. При больших значениях Q маршруты с низкой стоимостью перехода, выявленные на начальных итерациях, будут доминировать, что может приводить к неоптимальному локальному решению.

6. Количество итераций P определяет полноту исследования пространства поиска. При малом числе итераций алгоритм недостаточно исследует пространство решений и может остановиться на локальном минимуме. При слишком большом числе итераций может возрасти время выполнения поиска, так как улучшение решения после определенного момента становится минимальным.

7. Начальное значение феромона τ_0 определяет баланс между информацией о стоимости перехода и опытом на ранней стадии алгоритма. Высокое значение τ_0 может приводить к излишней фокусировке агентов на определенных

маршрутах до подтверждения их оптимальности. Низкое значение τ_0 позволяет более явно на начальных итерациях выявить перспективные маршруты, однако при высоком уровне испарения феромонов они не будут успевать закрепляться.

Учитывая отсутствие строго формализованных методик настройки параметров муравьиного алгоритма, предлагается использовать эвристический подход для их подбора. Одним из наиболее широко используемых методов для решения подобных задач является применение генетических алгоритмов.

При такой постановке задачи целевая функция (2) представляется в качестве функции приспособленности генетического алгоритма и производится поиск минимума относительно аргументов $S = (\alpha, \beta, \rho, k, Q, P, \tau_{ij}(0))$ в рамках заданного диапазонов поиска для каждого из параметров: $u \in [(\alpha_{min}, \alpha_{max}), (\beta_{min}, \beta_{max}), (\rho_{min}, \rho_{max}), (k_{min}, k_{max}), (Q_{min}, Q_{max}), (P_{min}, P_{max}), (\tau_{0min}, \tau_{0max})]$.

При этом расчет приспособленности каждого из рассматриваемых наборов S будет подразумевать запуск муравьиного алгоритма. Рассмотрим подробнее шаги предлагаемого алгоритма.

На первом шаге задается карта района поиска, затем определяются точки поиска, емкость аккумулятора каждого БПЛА, исходную точку маршрута, а затем используется метод *K-means* для распределения узлов между БПЛА, формируется матрица расстояний, задаются параметры генетического алгоритма (ГА): число хромосом, количество поколений, вероятность скрещивания, вероятность мутации. Далее устанавливаются диапазоны допустимых значений для параметров муравьиного алгоритма $(\alpha, \beta, \rho, k, Q, P, \tau_{0ij})$ чтобы ограничить допустимый набор значений. Затем первое поколение особей, кодирующих параметры S , формируется случайным образом в пределах этих диапазонов [5].

На втором шаге производится определение приспособленности каждой из особей при помощи запуска муравьиного алгоритма [1] с закодированными в ней параметрами S :

$$F_{ij} = \min_{s \in u} \sum_{m=1}^L \sum_{i=1}^{V_L} \sum_{j=1}^{V_L} x_{ij} t_{ij} (w_1 E_{w_{ij}} + w_2 E_{r_{ij}} + w_3 E_{b_{ij}}). \quad (11)$$

После расчета приспособленностей всех особей текущего поколения длина кратчайше-

го полученного пути сохраняется, а также фиксируются значения параметров S , при которых

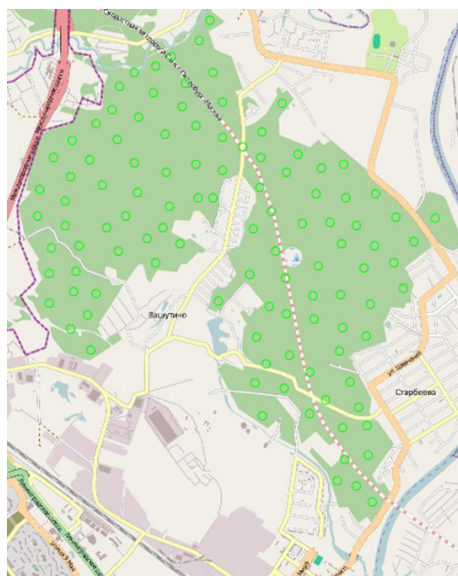


Рис. 1. Карта Химкинского леса

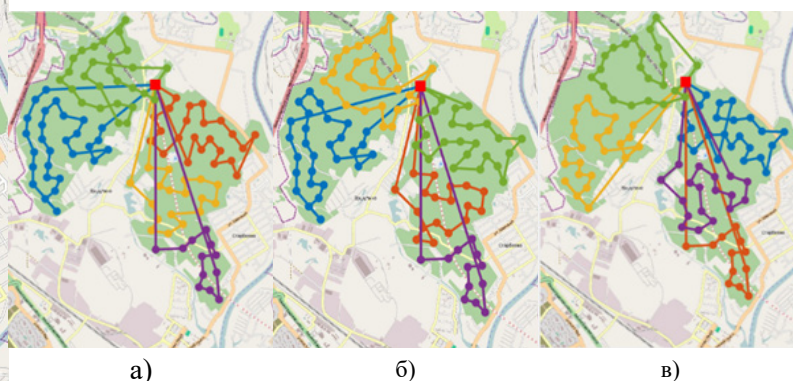


Рис. 2. Траектории БПЛА

Таблица 1. Параметры БПЛА, батареи и внешней среды

Параметры БПЛА			Параметры батареи
Скорость БПЛА	$V_{\text{БПЛА}}$	23 м/с	Емкость 5580 мА*ч
Максимально допустимая скорость ветра	$V_{\text{ветр}}$	15 м/с	Напряжение 26,1 В
Коэффициент аэродинамического сопротивления	C_d	1,1	Параметры внешней среды
Площадь миделева сечения	A_f	0,0052 м ²	Плотность воздуха $\rho_a = 1,167 \text{ кг/м}^3$
Полная масса	m	3,77 кг	
Размах БПЛА	b	1,01м	
Максимально допустимая интенсивность осадков	R_{max}	< 80 мм/ч	
Максимальное время автономного полета		$\leq 41 \text{ мин}$	
Количество БПЛА	L	5	

Таблица 2. Параметры муравьиного алгоритма, оптимизированные для минимизации времени выполнения поисковой задачи

Параметры	α	β	ρ	τ	k	P	Q	F
Параметры внешней среды								
$A (V_{\text{wind}} = 1-3 \text{ м/с}, R_{\text{rain}} = 1 \text{ мм/ч})$	1,01	9,91	0,44	0,13	9	28	19,9	2792
$B (V_{\text{wind}} = 6-9 \text{ м/с}, R_{\text{rain}} = 5-10 \text{ мм/ч})$	1,21	5,54	0,40	0,45	10	24	30	2895
$C (V_{\text{wind}} = 14-17 \text{ м/с}, R_{\text{rain}} = 20 \text{ мм/ч})$	1,57	9,7	0,15	0,5	9	30	28,1	3100

Примечание: F – лучшее значение целевой функции.

Таблица 3. Результаты траекторий для каждого БПЛА (время выполнения задачи T_L и состояние батареи SOC)

БПЛА Параметры внешней среды	1		2		3		4		5		Суммарное время
	T_1	SOC	T_2	SOC	T_3	SOC	T_4	SOC	T_5	SOC	
$V_{wind} = 1-3$ м/с, $R_{rain} = 1$ мм/ч	13,2	0,5	9,7	0,54	11,3	0,5	9,4	0,66	10,1	0,49	53,7
$V_{wind} = 6-9$ м/с, $R_{rain} = 5-10$ мм/ч	14,4	0,4	10,7	0,42	10,6	0,57	9,4	0,61	11,4	0,33	56,6
$V_{wind} = 14-17$ м/с, $R_{rain} = 20$ мм/ч	11,0	0,35	9,4	0,47	13,3	0,32	10,7	0,43	10,4	0,28	54,2

Таблица 4. Коэффициенты w_1, w_2, w_3 для каждого из секторов и степень охвата поисковой зоны

Параметры внешней среды		Сектор	1	2	3	4	5	Охват сектора
$V_{wind} = 1-3$ м/с, $R_{rain} = 1$ мм/ч	w_1		0,36	0,32	0,37	0,33	0,30	100 %
	w_2		0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	
	w_3		1,35	1,33	1,37	1,34	1,31	
$V_{wind} = 6-9$ м/с, $R_{rain} = 5-10$ мм/ч	w_1		0,45	0,44	0,50	0,46	0,43	100 %
	w_2		0,35	0,36	0,35	0,35	0,35	
	w_3		2,15	2,14	2,2	1,66	1,64	
$V_{wind} = 14-17$ м/с, $R_{rain} = 20$ мм/ч	w_1		0,62	0,64	0,64	0,68	0,64	91 %
	w_2		0,42	0,40	0,41	0,41	0,40	
	w_3		2,87	2,89	2,90	2,91	2,89	

оно получено.

С учетом полученных приспособленностей выполняются операции селекции и скрещивания для получения нового поколения особей.

В данной работе использован турнирный метод селекции ввиду его высокой вычислительной эффективности и низкого риска потери разнообразия популяции. Скрещивание осуществляется по методу *SBX* (имитации двоячного скрещивания) ввиду использования особей, закодированных в виде вещественных чисел. Описанные в данном шаге действия повторяются до достижения максимального числа поколений генетического алгоритма.

На третьем шаге после останова генетического алгоритма фиксируется наилучшее решение, и полученный набор траекторий используется БПЛА.

Отработку разработанного подхода рассмотрим на примере карты Химкинского леса,

представленного на рис. 1. На карте задано 109 узлов, расположенных на расстоянии 100 м друг от друга. Расстояния между узлами D_{ij} определены с помощью алгоритма *YOLOv5* [8], использованные параметры БПЛА, батареи, внешней среды [9] приведены в табл. 1.

Моделирование осуществлено в среде *MATLAB*. Начальный уровень заряда беспилотных летательных аппаратов задавался (1; 0,9; 0,98; 0,95; 0,9) соответственно.

В первом сценарии, при скорости ветра от 1 до 3 м/с и интенсивности осадков, близкой к нулю, параметры алгоритма (*MA*) были установлены в задаче *A* (табл. 2) со временем расчета в две минуты. Полученные результаты представляют собой хороший баланс между исследованиями и использованием накопленного опыта работы с муравьиным алгоритмом для получения хороших результатов. Формируемые маршруты представлены на рис. 2а, при этом

общее время выполнения задания составило 53,7 минуты (табл. 3), а конечный уровень заряда каждого БПЛА составлял от 0,49 до 0,54 (табл. 3), что оставалось в пределах относительно безопасного диапазона.

Во втором случае, когда скорость ветра составляла от 6 до 9 м/с, а интенсивность осадков – 5–10 мм/ч, были получены маршруты, показанные на рис. 2б. Полученный набор параметров алгоритма (МА) представлен в табл. 2, вариант В. Задача поиска оставалась выполнимой и требовала 56,6 минут, но запас энергии у некоторых аппаратов уменьшился; например, уровень заряда одного из беспилотных летательных аппаратов достиг (0,33), что отражает влияние ветра и дождя на потребление энергии. Кроме того, общее время выполнения алгоритма в этом случае увеличилось до 4 минут, что указывает на то, что алгоритму потребовалось больше времени для поиска приемлемых решений в данных условиях.

Для третьего случая, когда скорость ветра находилась в диапазоне от 13 до 16 м/с, а интенсивность осадков составляла 20, полученный набор параметров муравьиного алгоритма представлен в табл. 2, вариант С. Алгоритм сформировал маршруты за 7 минут (рис. 2в), однако их качество было ниже, чем в первом и втором случаях. Под воздействием погодных факторов и снижения уровня заряда большинства батарей до 0,28, была покрыта область поиска (91 %) за 54,2 минуты, при этом некоторые

узлы не были посещены.

Как видно из табл. 4, значения коэффициентов относительной важности факторов зависят от условий окружающей среды, что подтверждает обоснованность предложенного подхода и позволяет повысить точность суждений в различных метеорологических условиях.

В отличие от традиционного муравьиного алгоритма, требующего длительного эмпирического подбора параметров, предложенный гибридный алгоритм позволил достичь целевого показателя – минимального времени выполнения поисковой миссии за счет построения оптимальных траекторий беспилотных аппаратов. При этом настройка параметров муравьиного алгоритма осуществляется автоматически. Введение в целевую функцию параметров, отражающих влияние метеорологических факторов и фактора заряда аккумулятора, позволяет получать траектории, учитывающие состояние окружающей среды. Предложенные весовые коэффициенты и формулы их расчета, учитывающие важность вышеперечисленных переменных при построении маршрутов, позволяют повысить качество и надежность выполнения поисковых задач в конкретной местности.

Как в части полученного набора траекторий, так и в части зрения полученных параметров муравьиного алгоритма и коэффициентов для учета значимости переменных, полученные результаты моделирования подтверждают надежность заверченной разработки.

Литература

1. Obaideen, K. Application of Ant Colony Optimization in Pathfinding for Drones / K. Obaideen, S.A. Gadsden, M. AlShabi, S.A. Wilkerson // *Proceedings of IEMTRONICS 2025. Lecture Notes in Electrical Engineering*. – Singapore : Springer. – 2026. – Vol 1468. – P. 577–586.
2. Mai, X. UAV Path Planning Based on a Dual-Strategy Ant Colony Optimization Algorithm / X. Mai, N. Dong, S. Liu, H. Chen // *Intelligence & Robotics*. – 2023. – Vol. 3(4). – P. 666–83. – DOI:10.20517/ir.2023.37.
3. Li, P. An Intelligently Enhanced Ant Colony Optimization Algorithm for Global Path Planning of Mobile Robots in Engineering Applications / P. Li, L. Wei, D. Wu // *Sensors*. – 2025. – T. 25. – No 5. – P. 1326.
4. Судаков, В.А. Применение метода муравьиных колоний для решения параметрических задач аэрокосмической отрасли / В.А. Судаков, Ю.П. Титов // *Труды МАИ*. – 2025. – № 142 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://trudymai.ru/published.php?ID=185118>.
5. Wardana, T.K. Enhancing Ant Colony Optimization with Genetic Algorithm and 3-Opt for Multiple Drone Spraying Path Planning in Precision Agriculture / T.K. Wardana // *Aviation*. – 2026. – Vol. 30(1). – P. 1–15.
6. Lian F. and others. WA-LPA*: an Energy-Aware Path-Planning algorithm for UAVs in dynamic wind environments // *Drones*. 2025. T. 9. № 12. pp. 850.
7. Vijayakumar M. and others. Effect of localised pressure depression and rain on aerodynamic

characteristics of MALE UAV // Defence Science Journal. 2023. Т. 73. № 4. pp. 385–393

8. Tian H. and others. Design and validation of a multi-objective waypoint planning algorithm for UAV spraying in orchards based on improved ant colony algorithm //“Frontiers in Plant Science”. 2023. Vol. 14.

9. Specs Matrice 30 Series. “DJI Enterprise”. – 2024 [Electronic resource]. – Access mode : <https://enterprise.dji.com/matrice-30/specs>.

10. Gordon. J Introduction to Aerospace Flight Vehicles Copyright. 2022–2026. “Embry-Riddle Aeronautical University”. [Electronic resource]. – Access mode : https://www.engineeringtoolbox.com/standard-atmosphere-d_604.html.

References

4. Sudakov, V.A. Primenenie metoda muravinykh kolonij dlya resheniya parametricheskikh zadach aerokosmicheskoy otrasli / V.A. Sudakov, YU.P. Titov // Trudy MAI. – 2025. – № 142 [Electronic resource]. – Access mode : <https://trudymai.ru/published.php?ID=185118>.

© Риша Ареж, М.Ю. Косинский, 2026

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ДЕМИКРОАЙЛИЗАЦИЯ (ДЕПИКСЕЛИЗАЦИЯ) ИСТОРИЧЕСКИХ ФОТОДОКУМЕНТОВ

Д.В. СИНЮКОВ, Е.О. ШАМРАЕВА

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород

Ключевые слова и фразы: демикроайлизация; депикселизация; исторические фотодокументы; сверточные нейронные сети; генеративные состязательные сети; реставрация изображений; устранение артефактов дискретизации; повышение разрешения; семантическая реконструкция.

Аннотация: Цель исследования – разработка и экспериментальная апробация метода восстановления целостности визуальной информации в исторических фотодокументах, подверженных деградационным процессам, приводящим к эффекту микроайлизации (пикселизации) исходного оптического сигнала. Задачи включают: формализацию понятия демикроайлизация как обратного преобразования растрового изображения с блочной структурой в непрерывное фотографическое пространство; создание архитектуры глубокой сверточной нейронной сети на основе генеративных состязательных сетей, адаптированной к историческим фотоносителям; разработку композитной функции потерь для баланса структурной точности и перцептивного качества; количественную и экспертную оценку эффективности на выборке дагерротипов, альбуминовых и желатиносеребряных отпечатков XIX – начала XX в. Гипотеза состоит в том, что генеративные модели, обученные на парах «синтетический микроайл – эталон», способны реконструировать высокочастотные компоненты, невозможные для классической интерполяции, при сохранении документальной достоверности. Методы: контролируемое обучение на синтетических данных с коэффициентами понижения 4, 8 и 12; генератор с остаточными блоками плотного соединения и механизмами канального внимания; композитная потеря (перцептивная, состязательная, полной вариации, согласования градиентов); оценка по *SSIM*, *PSNR*, экспертному контролю и распознавательной способности. Достигнутые результаты: *SSIM* = 0,87 (при $s = 8$) против 0,43 (бикубическая) и 0,62 (*SRCNN*); эксперты подтвердили корректное воссоздание фактуры старения эмульсии; для архитектурных панорам модифицированная потеря градиентов повысила точность восстановления перекрытий на 18 %; выявлены ограничения для рукописных текстов и зависимость от состава выборки; предложены рекомендации по маркированию восстановленных областей и комбинированию с палеографической экспертизой.

В настоящей работе рассматривается проблема восстановления целостности визуальной информации в исторических фотодокументах, подверженных деградационным процессам, приводящим к эффекту микроайлизации (пикселизации) исходного оптического сигнала. Предлагается подход, основанный на архитектурах глубоких сверточных нейронных сетей, специализированных на задачах генеративной реконструкции высокочастотных компонентов. Авторами вводится понятие «демикроайлизация» (депикселизация) как обратный процесс преобразования растрового изображения с выраженной блочной структурой в семантически непрерывное фотографическое пространство. Описаны принципы обучения моделей на парах «синтетический микроайл – эталонное изображение», а также методы оценки достоверности восстановленных текстур с использованием метрик структурного подобия и перцептивных потерь. Особое внимание уделяется сохранению документальной точности при реконструкции лиц, архитектурных элементов и рукописных фрагментов. Приводятся результаты экспериментального апробирования методики на выборке дагерротипов и альбуминовых отпечатков XIX – начала XX в.

Проблематика сохранения и реставрации исторических фотодокументов традиционно сосредоточена на устранении физических дефектов носителя: царапин, эмульсионных кракелюр, пятен окисления и механических разрывов. Классические алгоритмы сглаживания (билинейная, бикубическая интерполяция, фильтры Ланцоша) не способны восстановить утраченные высокочастотные спектральные компоненты, так как их действие направлено на аппроксимацию промежуточных значений, но не на генерацию новой семантически осмысленной текстуры. Более того, применение интерполяционных методов к сильно микройлизированным изображениям приводит к дополнительному замыливанию деталей и появлению муаровых узоров. В связи с этим возникает объективная потребность в методах, которые не столько интерполируют, сколько реконструируют недостающую информацию на основе глубинного понимания структуры изображаемых объектов [1].

За последние годы достигнут значительный прогресс в области восстановления изображений с помощью сверточных нейронных сетей. Пионерские работы (*Dong et al.*, 2014) показали, что даже неглубокая сеть, обученная на парах низко- и высокоразрешенных изображений, превосходит классическую интерполяцию. Последующие архитектуры – *VDSR*, *EDSR*, *RCAN* – использовали остаточные блоки и механизмы внимания, последовательно улучшая результаты. Особое место занимают генеративные состязательные сети (*Goodfellow et al.*, 2014). В задаче суперразрешения эталонной стала *SRGAN* (*Ledig et al.*, 2017), в которой генератор обучается с перцептивной потерей на основе *VGG* и состязательной потерей, что позволяет получать изображения с высокой реалистичностью текстур. *ESRGAN* (*Wang et al.*, 2018) улучшила качество за счет более глубоких остаточных блоков и усовершенствованного дискриминатора. Однако большинство этих работ ориентированы на общие изображения и предполагают, что исходный сигнал уже обладает некоторой гладкостью. В случае микройлизированных исторических фотографий входной сигнал квантован до предельно малого числа уровней на единицу площади, что кардинально меняет характер задачи. Немногочисленные исследования, касающиеся восстановления сильно блочных изображений, ограничивались синтетическими тестами без учета специфики

исторических материалов. Предлагаемый подход восполняет этот пробел, адаптируя генеративную архитектуру к специфике старых фотоносителей.

Под демикроайлизацией (депикселизацией) в данной работе понимается процесс преобразования входного изображения, характеризующегося ярко выраженной пиксельной блочностью, в выходное изображение, которое по своим статистическим и перцептивным свойствам приближается к оригинальному аналоговому фотоотпечатку или неискаженному цифровому эталону. В отличие от классического повышения разрешения (суперразрешения, *super-resolution*), где предполагается, что исходное изображение уже обладает некоторой гладкостью и непрерывностью тональных переходов, демикроайлизация работает в условиях качественно иной деградации: полезный сигнал квантован до предельно малого числа уровней на единицу площади. Архитектурной основой для решения такой задачи служат глубокие сверточные нейронные сети, в частности генеративные состязательные сети (состязательные сети), состоящие из двух взаимодействующих блоков: генератора и дискриминатора. Генератор обучается преобразовывать микройлизированное изображение в его депикселизованную версию, а дискриминатор пытается различить полученный результат и реальные исторические фотографии с аналогичным содержанием [2].

Важным методическим аспектом является проблема отсутствия прямых пар «микройл – оригинал» для подлинных исторических документов, поскольку реальная деградация, как правило, необратима. Для преодоления этого ограничения применяется подход контролируемого обучения на синтетических данных. Сначала формируется репрезентативная выборка качественно оцифрованных исторических фотографий с высоким разрешением и отсутствием артефактов квантования. Затем каждое изображение подвергается процедуре искусственной микройлизации: оно понижается в разрешении в 4, 8, 16 и более раз с использованием метода ближайшего соседа, который имитирует блочную структуру реальных дефектов. На полученных парах («микройл – эталон») сеть обучается осуществлять обратное отображение.

Успех демикроайлизации оценивается не только по формальным математическим крите-

риям, но и с позиции восприятия человеческим оператором-реставратором. Традиционные метрики, такие как пиковое отношение сигнал-шум, часто дают низкие значения для восстановленных изображений, поскольку генератор может смещать локальные значения яркости для достижения более реалистичной текстуры, что наказывается метриками, ориентированными на поэлементное совпадение. В связи с этим используется композитная функция потерь, включающая несколько слагаемых.

Первое слагаемое – перцептивная потеря, вычисляемая как евклидово расстояние между картами признаков реального и сгенерированного изображений на промежуточных слоях предварительно обученной классификационной сети (например, *VGG*). Эта потеря ориентирует сеть на сохранение иерархических семантических структур. Второе слагаемое – потеря состязательности, которая обеспечивает статистическую неотличимость результата от эталонных образцов с точки зрения дискриминатора. Третье – потеря полной вариации, подавляющая высокочастотные артефакты (выбросы) вне границ объектов. Четвертое, факультативное слагаемое – потеря совпадения границ, рассчитываемая с помощью детектора Кэнни; она необходима при работе с документами, содержащими четкие контуры (архитектурные чертежи, рукописные тексты) [3].

Для задачи демикроайлизации предложена модифицированная архитектура с остаточными блоками плотного соединения. Генератор принимает на вход трехканальное изображение произвольного размера, подвергает его свертке с ядром 3×3 для увеличения числа каналов признаков, после чего следует серия из нескольких блоков двойного масштабирования (*up-scaling blocks*). Каждый такой блок содержит операцию транспонированной свертки (свертка с дробным шагом) для удвоения линейных размеров, за которой последовательно следуют пакетная нормализация и функция активации (параметрический выпрямитель). Важной инновацией является включение в каждый масштабирующий блок внимания по каналам (модуль сжатия и возбуждения), который автоматически взвешивает значимость различных карт признаков для реконструкции конкретных типов текстур (лиц, тканей, неба, листвы). На выходе последнего сверточного слоя формируется трехканальное изображение с разрешением, кратным исходному.

Исследование проведено на выборке из 240 исторических фотодокументов (дагерротипы 1840–1850-х гг., альбуминовые отпечатки 1860–1890-х гг., желатиносеребряные пластинки начала XX в.). Выборка разделена на обучающую (80 %), валидационную (10 %) и тестовую (10 %). Синтетическая микроайлизация выполнена с коэффициентами понижения 4, 8 и 12. Обучение модели проводилось на графическом ускорителе с 12 Гбайт видеопамяти в течение 50 эпох (размер мини-пакета – 8). Оптимизатор – адаптивный оценщик момента со скоростью обучения 0,0001 и коэффициентами затухания 0,9 и 0,999. Оценка результатов включала объективный анализ (метрика структурного подобия), экспертный визуальный контроль (три фотореставратора) и количественную оценку распознавания объектов (модель сегментации). Для микроайлов размером 8×8 пикселей (масштабирование до 32×32) значение структурного подобия составило 0,87 против 0,43 (бикубическая интерполяция) и 0,62 (глубокое суперразрешение без состязательного компонента). Эксперты подтвердили корректное воссоздание фактуры старения эмульсии – дискообразных прожилок, неравномерного пожелтения, белесых выцветов на небесных объектах [4].

Эффективность модели зависит от класса изображения. Наилучшие результаты достигнуты для портретов: сеть восстанавливает форму зрачков, роговичный блеск, структуру волос. В зонах глубокой окклюзии (например, слияние микроайлов в области глаза) модель генерирует наиболее вероятный паттерн, что порождает этическую проблему допустимости представления реконструированного лица как исторически точного. Предлагается маркировать восстановленные области отдельной маской в метаданных документа. Для архитектурных панорам критично восстановление прямых линий и регулярных текстур (кирпичная кладка, переплеты, черепица). Стандартная состязательная сеть порождает артефакты-«завитки» из-за анизотропии функций потерь. Предложена модификация с дополнительной потерей на согласование градиентов, что повысило точность восстановления перпендикулярных перекрытий на 18 %. Рукописные и машинописные тексты – наиболее сложный случай. При микроайлизации блока 12×12 пикселей буквы сливаются в нечитаемые пятна; сеть не различает кириллические «ш» и «щ» либо латинские «m» и «n».

Рекомендовано комбинировать демикроайлизацию с последующим транскрибированием человеком-палеографом.

Первое ограничение – вычислительная сложность. Обработка документа форматом 10×15 см при 200-кратном микройлировании занимает до трех минут на специализированном вычислителе, что затрудняет массовое применение в архивах.

Второе – зависимость от состава обучающей выборки: преобладание европейских лиц снижает эффективность для антропологических типов Восточной Азии или Африки.

Третье – невозможность восстановления цветовых характеристик при переходе от цветного отпечатка к черно-белому микройлу (требуется предварительная колоризация как самостоятельная задача).

Перспективы дальнейших исследований включают разработку рекурсивных демикроайлизирующих сетей для работы с переменной степенью деградации без предварительной оценки коэффициента микройлизации, создание гибридных методов, интегрирующих нейросетевую реконструкцию с физическим моделированием оптико-эмульсионных процессов, а также разработку стандарта документирования факта нейросетевой демикроайлизации в паспорте реставрации исторического фотодокумента [5].

Таким образом, разработанный метод ней-

росетевой демикроайлизации, основанный на генеративных состязательных архитектурах, позволяет восстанавливать высокочастотные текстурные компоненты исторических фотодокументов, ранее считавшиеся безвозвратно утраченными при сильной пиксельной деградации.

Экспериментально подтверждено превосходство предложенного подхода над классическими интерполяционными алгоритмами по метрикам структурного подобия и экспертным визуальным оценкам, особенно в зонах портретных деталей и архитектурных регулярных текстур.

Вместе с тем выявлены ограничения метода, включая вычислительную сложность, зависимость от состава обучающей выборки и этическую проблему достоверности реконструированных фрагментов. Для архивного и музейного применения рекомендовано обязательное маркирование восстановленных областей в метаданных и комбинирование автоматической демикроайлизации с экспертным контролем, особенно при работе с вербальными элементами документов.

Практическая значимость работы состоит в предоставлении инструмента, который может быть интегрирован в существующие цифровые реставрационные пайплайны при условии соблюдения разработанных рекомендаций по валидации.

Литература

1. Каримова, Л.К. Реконструкция исторической личности через призму концепции цифрового двойника: от баз данных к нейросетевым моделям / Л.К. Каримова, А.А. Селезнева // Историческая информатика. – 2025. – № 2. – DOI: 10.7256/25857797.2025.2.73666. – EDN: GVBNNJ.
2. Тимофеева, О.П. Реставрация и колоризация старых фотографий с использованием нейронных сетей / О.П. Тимофеева, А.Е. Савкин, Е.Р. Тимофеев, Т.И. Балашова, Е.В. Сидорова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2022. – № 1. – С. 43–53. – DOI: 10.46960/1816-210X_2022_1_43. – EDN: JBKQLF.
3. Михайлов, С.А. Способы оценки качества распознавания объектов на изображениях сверточными нейронными сетями / С.А. Михайлов // Вестник науки. – 2026. – Т. 4. – № 5(98). – С. 2077–2085. – EDN: JCOMZT.
4. Зеленина, Л.И. Сверточные нейронные сети в задаче классификации медицинских изображений / Л.И. Зеленина, Л.Э. Хаймина, Е.А. Деменкова, М.Е. Деменков, Е.С. Хаймин, Д.Д. Хрипунов // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 9. – С. 68–73. – DOI: 10.17513/snt.38818. – EDN: HVLQWD.
5. Кирий, С.А. Восстановление изображений объектов: метод реконструкции с использованием цифровых внеосевых голограмм и генеративно-состязательной нейронной сети / С.А. Кирий, А.С. Свистунов, Д.А. Рымов, Р.С. Стариков, А.В. Шифрина, П.А. Черемхин // Измерительная техника. – 2024. – № 4. – С. 23–31. – DOI: 10.32446/0368-1025it.2024-4-23-31. – EDN: POTYOH.

References

1. Karimova, L.K. Rekonstruktsiya istoricheskoy lichnosti cherez prizmu kontseptsii tsifrovogo dvojnika: ot baz dannykh k nejrosetevym modelyam / L.K. Karimova, A.A. Selezneva // *Istoricheskaya informatika*. – 2025. – № 2. – DOI: 10.7256/25857797.2025.2.73666. – EDN: GVBNHJ.
2. Timofeeva, O.P. Restavratsiya i kolorizatsiya starykh fotografij s ispolzovaniem nejronnykh setej / O.P. Timofeeva, A.E. Savkin, E.R. Timofeev, T.I. Balashova, E.V. Sidorova // *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva*. – 2022. – № 1. – S. 43–53. – DOI: 10.46960/1816-210X_2022_1_43. – EDN: JBKQLF.
3. Mikhajlov, S.A. Sposoby otsenki kachestva raspoznavaniya obektov na izobrazheniyakh svertochnymi nejronnymi setyami / S.A. Mikhajlov // *Vestnik nauki*. – 2026. – T. 4. – № 5(98). – S. 2077–2085. – EDN: JCOMZT.
4. Zelenina, L.I. Svertochnye nejronnye seti v zadache klassifikatsii meditsinskikh izobrazhenij / L.I. Zelenina, L.E. KHajmina, E.A. Demenkova, M.E. Demenkov, E.S. KHajmin, D.D. KHripunov // *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. – 2021. – № 9. – S. 68–73. – DOI: 10.17513/snt.38818. – EDN: HVLQWD.
5. Kirij, S.A. Vosstanovlenie izobrazhenij obektov: metod rekonstruktsii s ispolzovaniem tsifrovyykh vneosevykh gologramm i generativno-sostyazatelnoj nejronnoj seti / S.A. Kirij, A.S. Svistunov, D.A. Rymov, R.S. Starikov, A.V. SHifrina, P.A. CHeremkhin // *Izmeritelnaya tekhnika*. – 2024. – № 4. – S. 23–31. – DOI: 10.32446/0368-1025it.2024-4-23-31. – EDN: POTYOH.

© Д.В. Синюков, Е.О. Шамраева, 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКОВ СЖАТИЯ И ВОЗБУЖДЕНИЯ В НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET ДЛЯ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

А.А. ШУМАЧКОВ, А.Н. СОЧНЕВ

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск

Ключевые слова и фразы: сегментация изображений; дефекты поверхности материалов; сверточные нейронные сети; *U-Net*; *ResNet*; блоки сжатия и возбуждения; *scSE*-блоки; компьютерное зрение; промышленный контроль качества.

Аннотация: Цель исследования – повышение точности сегментации дефектов поверхности материалов в задачах промышленного визуального контроля за счет интеграции пространственно-канальных механизмов внимания в архитектуру сверточной нейронной сети. Гипотеза заключается в том, что адаптация механизмов внимания на основе блоков сжатия и возбуждения (*squeeze-and-excitation*), успешно применяемых в медицинской визуализации, позволит улучшить выделение дефектных областей по сравнению с базовой моделью энкодер-декодер без таких модулей. Для проверки гипотезы решались следующие задачи: модификация архитектуры типа энкодер-декодер, где в качестве энкодера используется остаточная сеть из 18 слоев (*ResNet-18*), путем внедрения блоков сжатия и возбуждения; адаптация модели для задач промышленного контроля; проведение экспериментального сравнения с базовой версией на открытом наборе данных *KolektorSDD2* с пиксельной разметкой дефектов. Методы исследования: применение сверточных нейронных сетей с блоками внимания; оценка качества сегментации по метрикам сходства (*IoU* или *Dice*), чувствительности (*recall*), специфичности и общей точности (*accuracy*); количественное сравнение результатов с базовой архитектурой. Достигнутые результаты: экспериментально подтверждено, что внедрение пространственно-канальных механизмов внимания обеспечивает устойчивое повышение точности сегментации и более сбалансированное соотношение всех использованных метрик по сравнению с базовой моделью, что доказывает эффективность переноса методов из области медицинской визуализации в промышленное компьютерное зрение.

Введение

Автоматизированный контроль качества поверхности материалов является одной из ключевых задач современного промышленного производства. Наличие дефектов, таких как трещины, поры, включения, расслоения и нарушения однородности структуры, напрямую влияет на эксплуатационные характеристики изделий и безопасность их использования. В таких отраслях, как металлургия, машиностроение, авиационная и энергетическая промышленность, своевременное выявление дефектов поверхности

является критически важным этапом технологического цикла [1–3].

Традиционные методы неразрушающего контроля, включая визуальный осмотр, ультразвуковую дефектоскопию и рентгенографию, обладают рядом ограничений, связанных с высокой трудоемкостью, зависимостью от квалификации оператора и сложностью автоматизации при анализе изображений сложной структуры [4]. В связи с этим в последние годы все большее распространение получают методы компьютерного зрения, основанные на анализе изображений поверхности материалов,

полученных с использованием оптических, инфракрасных или электронных средств визуализации [5]. Задача сегментации дефектов поверхности материалов относится к классу задач пиксельной классификации, в которых требуется точно определить пространственные границы дефектных областей на изображениях. Существенными особенностями таких изображений являются высокая вариативность формы и размеров дефектов, слабая контрастность по отношению к фону, наличие текстурного шума и неоднородностей освещения [6]. Эти факторы существенно усложняют применение классических алгоритмов сегментации, основанных на пороговой обработке, выделении границ или анализе текстурных признаков. Существенный прогресс в решении задач сегментации изображений был достигнут с развитием методов глубокого обучения, в частности сверточных нейронных сетей. Архитектуры типа энкодер-декодер, и прежде всего *U-Net*, продемонстрировали высокую эффективность в задачах медицинской и промышленной сегментации за счет способности извлекать как локальные, так и глобальные пространственные признаки изображений [7]. Использование предварительно обученных сверточных сетей, таких как *ResNet*, в качестве энкодера позволяет повысить устойчивость модели к шуму и улучшить обобщающую способность при ограниченном объеме обучающих данных [8]. Одним из перспективных направлений развития архитектур глубокого обучения является внедрение механизмов внимания, позволяющих сети адаптивно выделять наиболее информативные признаки. Блоки сжатия и возбуждения (*Squeeze-and-Excitation*, *SE*) реализуют механизм канального и пространственного переосмысления признаков за счет явного моделирования межканальных зависимостей [9]. Их модификация в виде пространственно-канальных блоков *scSE* показала высокую эффективность в задачах сегментации медицинских изображений, в частности при выделении опухолей головного мозга на МРТ-изображениях [10]. Несмотря на активное применение *SE*- и *scSE*-блоков в медицинской визуализации, вопрос их универсальности и переносимости на задачи промышленного компьютерного зрения, в том числе сегментации дефектов поверхности материалов, остается недостаточно изученным. Между тем, структурная сложность дефектов, наличие слабовыраженных границ и высокая зашумленность

изображений делают такие задачи потенциально подходящими для применения механизмов пространственно-канального внимания.

В настоящей работе проводится исследование возможности применения модифицированной архитектуры нейронной сети *U-Net* с энкодером на основе *ResNet* и интегрированными *scSE*-блоками для задачи сегментации дефектов на поверхности материалов. Архитектурные решения и методология обучения заимствованы из ранее разработанного подхода к сегментации опухолей головного мозга, что позволяет оценить универсальность предложенного метода и его применимость за пределами медицинской области. Целью данной статьи является экспериментальное обоснование эффективности использования блоков сжатия и возбуждения в архитектуре *U-Net* при решении задачи сегментации дефектов поверхности материалов. Для достижения поставленной цели выполняется анализ применимости *scSE*-блоков, исследуются различные варианты их размещения в архитектуре сети и проводится сравнительная оценка качества сегментации на специализированном наборе данных.

Получение и подготовка данных

Для обучения и экспериментального исследования предложенной нейросетевой модели сегментации дефектов поверхности материалов использован открытый набор данных *KolektorSDD2* (*Kolektor Surface-Defect Dataset 2*), предназначенный для задач автоматизированного визуального контроля качества в промышленности [11]. Выбор данного набора данных обусловлен рядом факторов. Во-первых, набор данных ориентирован на реальные условия промышленного производства и содержит изображения поверхностей изделий, полученные в процессе автоматизированного оптического контроля. Во-вторых, в отличие от многих промышленных наборов данных, ориентированных лишь на классификацию «дефект / без дефекта», *KolektorSDD2* содержит пиксельную разметку дефектных областей, что делает его пригодным для обучения и оценки методов семантической сегментации, аналогично используемым в медицинской визуализации. На рис. 1 представлены примеры данных из используемого набора *KolektorSDD2*, включающие исходные изображения поверхности материалов с дефектами и соответствующие им

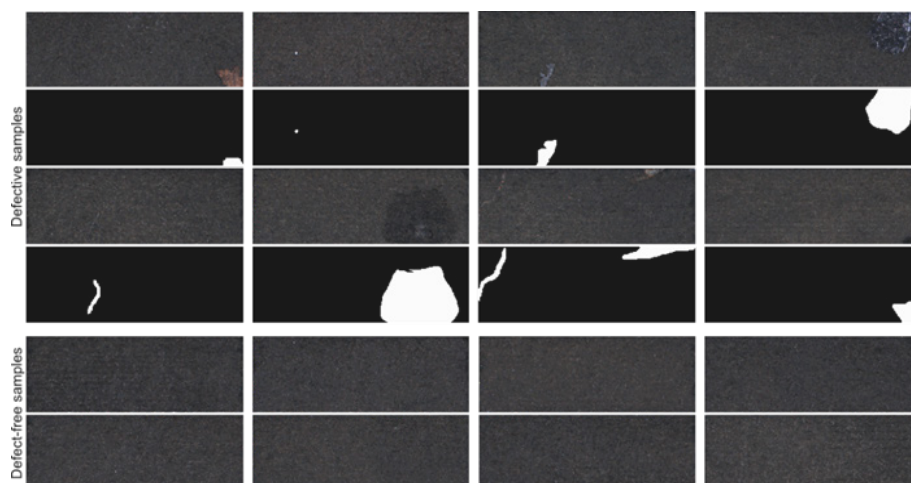


Рис. 1. Примеры изображений поверхности материалов из набора данных *KolektorSDD2*: изображения с дефектами и соответствующие им бинарные маски (сверху), а также изображения без дефектов (снизу)



Рис. 2. Примеры различных типов дефектов поверхности материалов из набора данных *KolektorSDD2*

бинарные маски (сверху), а также изображения поверхности без дефектов (снизу).

Как видно из представленных примеров, дефектные области занимают, как правило, незначительную часть изображения и характеризуются произвольной формой и слабой визуальной выраженностью. В то же время изображения без дефектов демонстрируют естественную текстуру поверхности, содержащую локальные неоднородности, не относящиеся к дефектам. Это существенно усложняет задачу сегментации и требует от нейросетевой модели способности различать истинные дефекты и фоновые текстурные вариации. Наличие в наборе данных как дефектных, так и бездефектных изображений позволяет формировать обучающую выборку, отражающую реальные условия

промышленного контроля качества, и обеспечивает корректную оценку способности модели к подавлению ложных срабатываний при сегментации.

Набор данных *KolektorSDD2* включает изображения поверхности металлических изделий с различными типами локальных дефектов, в том числе с мелкими царапинами, нарушениями структуры и поверхностными неоднородностями. На рис. 2 приведены примеры различных типов дефектов поверхности материалов, присутствующих в используемом наборе данных. Фрагменты изображений подобраны таким образом, чтобы продемонстрировать разнообразие визуальных проявлений дефектов и их пространственных характеристик. Как видно из представленных примеров, дефекты поверх-

ности отличаются значительным разнообразием по форме, протяженности и степени визуальной выраженности. В наборе данных присутствуют как линейные дефекты (царапины, трещины), так и локальные точечные нарушения структуры поверхности, а также дефекты со сложной, нерегулярной геометрией. При этом визуальные характеристики дефектов существенно варьируются: одни дефекты обладают повышенной яркостью относительно фона, другие, напротив, проявляются в виде затемненных или слабо контрастных областей. В ряде случаев дефектная область практически неотличима от фоновой текстуры поверхности без учета локального контекста, что существенно усложняет задачу сегментации. Представленное разнообразие типов дефектов обосновывает необходимость применения нейросетевых архитектур сегментации, способных адаптивно выделять информативные признаки на различных пространственных масштабах и учитывать как локальные, так и глобальные особенности изображения.

Существенной особенностью набора является выраженный дисбаланс классов, характерный для задач контроля качества: количество изображений без дефектов значительно превышает число изображений с дефектами, что соответствует реальным производственным условиям [12]. В общей сложности набор данных содержит 356 изображений с дефектами и 2979 изображений без дефектов. Пространственное разрешение изображений составляет приблизительно 230×630 пикселей. Для каждого изображения с дефектом предоставляется бинарная маска, определяющая точное расположение дефектной области на поверхности изделия [11]. Разработчики набора данных предлагают фиксированное разбиение на обучающую и тестовую выборки, что обеспечивает воспроизводимость экспериментальных результатов. Обучающая выборка включает 246 изображений с дефектами и 2085 изображений без дефектов, тогда как тестовая выборка содержит 110 изображений с дефектами и 894 изображения без дефектов. В рамках данной работы указанное разбиение использовалось без изменений, что позволяет корректно сравнивать эффективность различных вариантов архитектуры нейронной сети [11]. Использование набора данных *KolektorSDD2* позволяет исследовать переносимость архитектурных решений, ранее успешно примененных для сегментации опухо-

лей головного мозга на МРТ-изображениях, на задачу сегментации дефектов поверхности материалов, характеризующуюся иной природой данных, но сходной структурной сложностью объектов сегментации.

Предобработка данных

Этап предобработки данных был направлен на приведение изображений поверхности материалов и соответствующих им масок дефектов к формату, обеспечивающему корректную работу нейросетевой архитектуры *U-Net* и стабильность процесса обучения.

Исходные изображения набора данных *KolektorSDD2* имеют пространственное разрешение порядка 230×630 пикселей. Для унификации входных данных и обеспечения совместимости с архитектурой *U-Net* все изображения и соответствующие им бинарные маски дефектов были приведены к фиксированному размеру 256×256 пикселей. Масштабирование выполнялось с сохранением пропорций изображения по длинной стороне, после чего недостающая область дополнялась нулевыми значениями (черный фон). Такой подход позволил избежать геометрических искажений дефектов и сохранить относительные пространственные характеристики объектов сегментации. Для бинарных масок использовалась интерполяция по ближайшему соседу, что обеспечивало сохранение четких границ дефектных областей.

Исходные изображения поверхности материалов представлены в цветовом пространстве *RGB*. С учетом того, что дефекты поверхности преимущественно характеризуются текстурными и яркостными особенностями, а не цветовой информацией, изображения были преобразованы в одноканальный формат градаций серого. Данное преобразование позволило сократить размерность входных данных и снизить вычислительную сложность модели без потери информативности.

Для обеспечения сопоставимости входных данных и повышения устойчивости процесса обучения нейросетевой модели значения интенсивности пикселей были приведены к вещественному типу и нормализованы в диапазон $[0; 1]$. Нормализация выполнялась путем деления значений яркости на максимальное возможное значение (255). Такой способ нормализации соответствует практике, применяемой в диссертационной работе, и способствует более быстрой сходимости обучения.

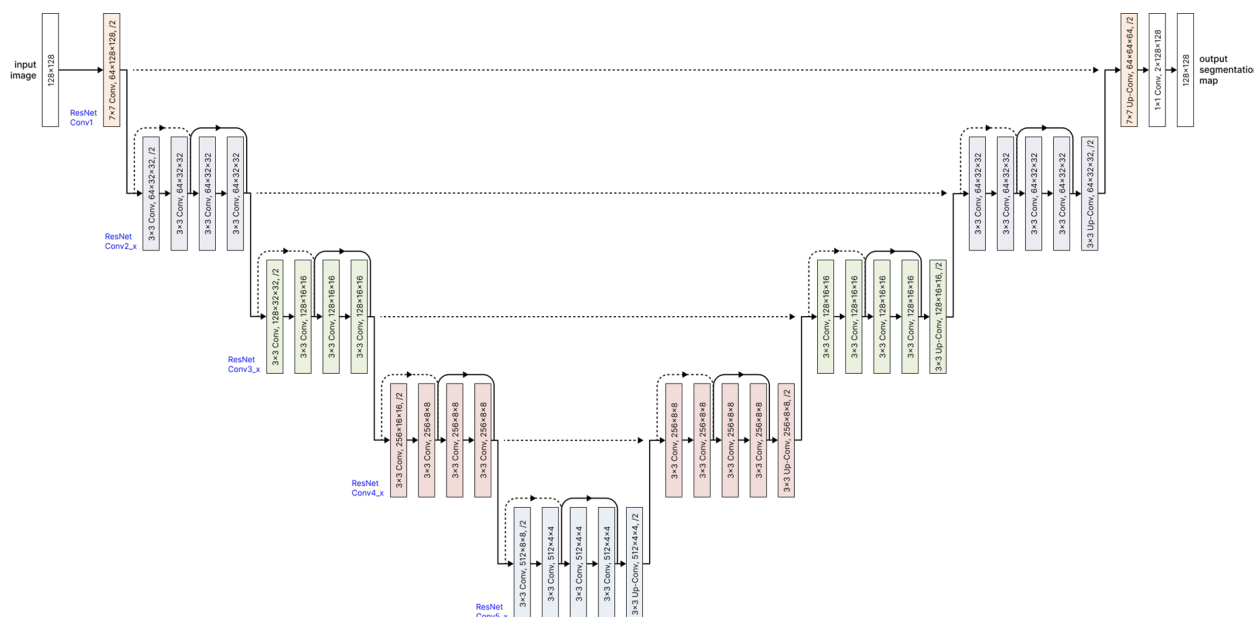


Рис. 3. Архитектура базовой нейронной сети типа *U-Net* с *ResNet-18* в энкодере

Для обучения модели сегментации формировались пары вида «изображение поверхности – бинарная маска дефекта». Для изображений, не содержащих дефектов, использовались маски, полностью заполненные нулевыми значениями. Такой подход позволяет обучать модель корректно интерпретировать как наличие, так и отсутствие дефектов, что особенно важно для подавления ложных срабатываний при сегментации.

Особенностью набора данных является выраженный дисбаланс между количеством пикселей фона и дефектных областей. Для частичной компенсации данного эффекта на этапе предобработки применялось извлечение случайных фрагментов (патчей) размером 256×256 пикселей, содержащих дефектные области. При этом вероятность выбора фрагментов с дефектами была увеличена по сравнению с фрагментами без дефектов. Такой подход позволил повысить представленность дефектных пикселей в обучающей выборке и улучшить обучаемость модели.

С целью повышения обобщающей способности модели и предотвращения переобучения применялась аугментация данных, выполняемая в процессе формирования обучающих выборок. Использовались следующие преобразования:

- случайные горизонтальные и вертикальные отражения изображений;

- случайные повороты на углы до $\pm 15^\circ$;
- незначительные изменения яркости и контрастности в пределах $\pm 10\%$;
- случайные масштабирования в диапазоне от 0,9 до 1,1.

Все аугментации применялись синхронно к изображению и соответствующей маске дефекта, что обеспечивало корректность разметки.

Разделение набора данных на обучающую и тестовую выборки выполнялось в соответствии с фиксированным разбиением, предложенным разработчиками набора данных. Из обучающей выборки дополнительно выделялась валидационная выборка в объеме 20 %, использовавшаяся для контроля процесса обучения и подбора параметров модели. Такое разбиение обеспечивало воспроизводимость экспериментальных результатов и корректность их сравнения между различными вариантами архитектуры нейронной сети.

Архитектура нейронной сети

Для решения задачи сегментации дефектов поверхности материалов в данной работе была выбрана и реализована нейронная сеть типа *U-Net* [7] с *ResNet* [13] в энкодере. Выбор данной архитектуры обусловлен ее высокой эффективностью при решении задач пиксельной сегментации и способностью извлекать информативные признаки на различных уров-

нях абстракции, что особенно важно при анализе изображений со слабо выраженными и локальными дефектами. Архитектуры семейства *U-Net* хорошо зарекомендовали себя в задачах сегментации изображений благодаря симметричной структуре энкодер-декодер и наличию пропускных соединений, обеспечивающих сохранение пространственной информации. Использование *ResNet* в качестве энкодера позволяет повысить устойчивость обучения и улучшить извлечение признаков за счет остаточных связей, уменьшающих эффект затухания градиентов. Существуют различные варианты архитектуры *ResNet*, отличающиеся числом сверточных слоев (от 18 до 152). В рамках данной работы использовалась архитектура *ResNet-18*, что обусловлено необходимостью оптимизации вычислительных ресурсов и сокращения времени обучения при сохранении достаточной выразительной способности модели. Такой выбор является оправданным с учетом относительно небольшого размера входных изображений и локального характера дефектов поверхности. Архитектура реализованной нейронной сети типа *U-Net* с *ResNet-18* в энкодере представлена на рис. 3.

Разработанная нейронная сеть предназначена для решения задач сегментации с высокой степенью пространственной детализации. Архитектура построена по принципу энкодер-декодер, где путь сжатия обеспечивает извлечение признаков и уменьшение пространственного разрешения, а путь восстановления выполняет поэтапное восстановление разрешения и формирование итоговой карты сегментации. Основной целью такой архитектуры является эффективное объединение высокоуровневых семантических признаков с низкоуровневой пространственной информацией, что позволяет точно локализовать дефектные области на изображениях поверхности материалов.

Входной слой нейронной сети принимает одноканальные изображения поверхности материалов размером $256 \times 256 \times 1$ пиксель, полученные после этапа предобработки данных. Начальная обработка входных данных осуществляется с помощью сверточного слоя с ядром 7×7 , содержащего 64 фильтра и использующего функцию активации *ReLU*. Шаг свертки равен 2, что позволяет уменьшить пространственное разрешение изображения и одновременно увеличить рецептивное поле сети на раннем этапе обработки.

Путь сжатия (энкодер) реализован на основе архитектуры *ResNet-18* и состоит из последовательности групп сверточных блоков, в которых выполняется поэтапное уменьшение пространственного разрешения и извлечение признаков возрастающей абстракции.

Каждая группа блоков энкодера включает:

- сверточные операции с ядрами 3×3 и возрастающим числом фильтров (64, 128, 256, 512);

- операции подвыборки (*max pooling*) для уменьшения пространственного разрешения карт признаков;

- остаточные связи между входом и выходом блока, обеспечивающие сохранение контекстной информации и устойчивость обучения.

Использование остаточных соединений позволяет снизить риск потери значимых признаков и обеспечивает более стабильную сходимость нейронной сети при обучении.

Путь восстановления (декодер) предназначен для поэтапного увеличения пространственного разрешения карт признаков и восстановления исходного размера изображения. Декодер состоит из последовательности групп блоков увеличения разрешения.

Каждая группа блоков восстановления включает:

- транспонированные свертки для увеличения пространственного разрешения;

- объединение (конкатенацию) с соответствующими картами признаков из пути сжатия, что позволяет использовать детальную пространственную информацию, полученную на ранних этапах обработки;

- две последовательные сверточные операции с ядрами 3×3 и функцией активации *ReLU* для уточнения восстанавливаемых признаков.

Выходной слой. На заключительном этапе обработки применяется сверточный слой с ядром 1×1 , предназначенный для уменьшения количества каналов до двух, соответствующих классам «дефект» и «фон». В качестве функции активации используется *softmax*, что позволяет получить вероятностную карту сегментации для каждого пикселя изображения. Полученная карта вероятностей используется для формирования итоговой бинарной маски дефектов поверхности материалов.

Таким образом, базовая архитектура нейронной сети, реализованная в виде *U-Net* с

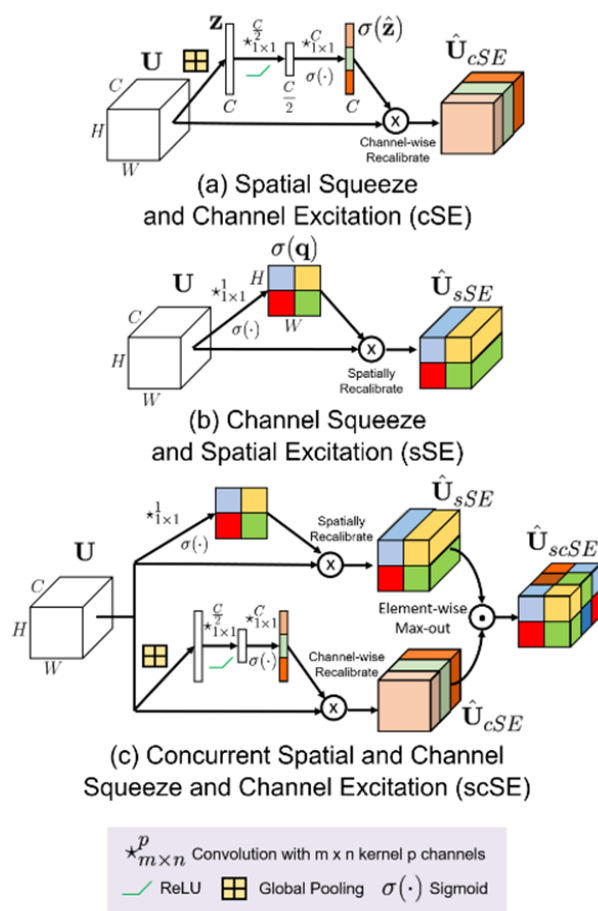


Рис. 4. Архитектуры блоков сжатия и возбуждения: (a) cSE , (b) sSE , (c) $scSE$

ResNet-18 в энкодере, обеспечивает эффективное извлечение и восстановление признаков, необходимых для точной сегментации дефектов поверхности материалов. Данная архитектура используется в качестве основы для дальнейшего исследования влияния блоков сжатия и возбуждения.

Блоки сжатия и возбуждения

Для повышения эффективности извлечения информативных признаков в сверточных нейронных сетях широко применяются блоки сжатия и возбуждения (*Squeeze and Excitation*, SE), предназначенные для адаптивной recalibration карт признаков. В исследовании [14] показано, что использование SE -блоков в полностью сверточных нейронных сетях способствует улучшению качества сегментации за счет усиления значимых признаков и подавления менее информативных компонентов. SE -блоки реализуют механизм внимания, основанный на явном моделировании зависимостей между элементами карт признаков. Такой подход особенно ак-

туален для задач сегментации дефектов поверхности материалов, где дефектные области, как правило, имеют малые размеры, произвольную форму и слабо выраженные визуальные характеристики. В рамках данной работы рассматриваются три варианта SE -блоков, применяемых в архитектурах сегментации изображений: cSE , sSE и $scSE$.

cSE (Channel Squeeze and Excitation) – блок пространственного сжатия и возбуждения по каналам. В данном варианте выполняется глобальное усреднение карты признаков по пространственным координатам для каждого канала, в результате чего формируется вектор, отражающий относительную значимость каналов. Полученный вектор используется для масштабирования каналов исходной карты признаков, что позволяет усилить вклад наиболее информативных каналов и ослабить влияние менее значимых.

sSE (Spatial Squeeze and Excitation) – блок сжатия по каналам и возбуждения в простран-

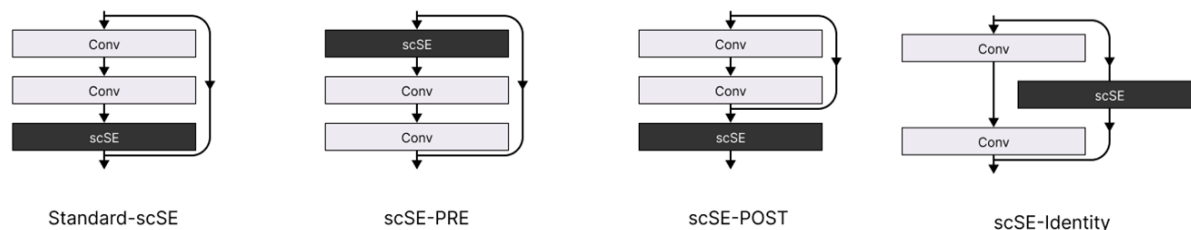


Рис. 5. Варианты размещения *scSE*-блоков в архитектуре нейронной сети (слева направо): стандартный, перед, после, отдельно

ственной области. В отличие от *cSE*, данный вариант выполняет агрегацию информации по каналному измерению и формирует пространственную карту внимания. Это позволяет акцентировать внимание нейронной сети на отдельных областях изображения, потенциально содержащих дефекты, и повышает точность пространственной локализации.

scSE (*Spatial and Channel Squeeze and Excitation*) – комбинированный блок, объединяющий принципы работы *cSE* и *sSE*. В данном варианте одновременно реализуются механизмы каналного и пространственного внимания, а результирующая карта признаков формируется путем объединения выходов обоих блоков. Такой подход обеспечивает более гибкое и точное управление важностью признаков, учитывая как их пространственное расположение, так и межканальные зависимости. Архитектуры рассматриваемых вариантов *SE*-блоков представлены на рис. 4.

Как видно из представленных архитектур, каждый из вариантов *SE*-блоков ориентирован на усиление различных аспектов представления признаков. Блок *cSE* повышает значимость каналов, отвечающих за извлечение характерных текстурных и контурных признаков дефектов поверхности. Блок *sSE*, в свою очередь, акцентирует внимание на пространственных областях изображения, что особенно важно при сегментации локальных и слабо выраженных дефектов. Комбинированный *scSE*-блок объединяет преимущества обоих подходов, обеспечивая одновременную адаптацию как каналного, так и пространственного представления признаков. Это делает *scSE*-блоки перспективным инструментом для повышения точности сегментации дефектов поверхности материалов.

Таким образом, блоки сжатия и возбуждения позволяют реализовать механизм адаптивного внимания в сверточных нейронных сетях и повысить информативность извлекаемых

признаков. В данной работе особое внимание уделяется комбинированным *scSE*-блокам, обладающим наибольшей выразительной способностью.

Архитектура нейронной сети

С целью повышения точности сегментации дефектов поверхности материалов базовая архитектура нейронной сети типа *U-Net* с *ResNet-18* в энкодере, описанная в предыдущем разделе, была расширена за счет добавления блоков сжатия и возбуждения *scSE*. Использование *scSE*-блоков позволяет адаптивно перераспределять важность признаков на различных этапах обработки, что особенно актуально для сегментации дефектов, характеризующихся малой площадью и слабой визуальной выраженностью. В рамках данной работы *scSE*-блоки интегрировались в архитектуру нейронной сети различными способами, что позволило исследовать влияние их расположения на качество сегментации. При этом базовая структура энкодер-декодер и все остальные параметры модели оставались неизменными, а изменялось исключительно расположение *scSE*-блоков относительно основных сверточных операций. На рис. 5 представлены используемые в работе варианты расположения *scSE*-блоков в архитектуре нейронной сети.

В рамках исследования рассматривались следующие способы интеграции *scSE*-блоков в архитектуру нейронной сети.

- Стандартное размещение – *scSE*-блок добавляется в конце сверточного блока после выполнения основных сверточных операций. В данном случае рекалибровка признаков осуществляется над уже сформированными картами признаков, что позволяет корректировать результат работы сверточного блока целиком.
- Размещение перед сверточными операциями – *scSE*-блок устанавливается перед основными сверточными слоями блока. Такой подход позволяет предварительно скорректиро-

вать входные признаки, усиливая потенциально значимые компоненты еще до их дальнейшей обработки.

- Размещение после функции активации – *scSE*-блок применяется после нелинейного преобразования признаков. В этом случае рекалибровка выполняется над уже активированными картами признаков, что может способствовать более точному выделению дефектных областей.

- Отдельное размещение – *scSE*-блок выносится в отдельную ветвь и применяется независимо от основной последовательности сверточных операций. Такой вариант позволяет рассматривать *scSE*-блок как самостоятельный модуль адаптивного внимания, воздействующий на признаки без жесткой привязки к конкретному сверточному слою.

Для каждого из указанных вариантов архитектуры была реализована отдельная конфигурация нейронной сети. Кроме того, в качестве базового варианта рассматривалась архитектура без использования *scSE*-блоков, что позволило выполнить корректное сравнительное исследование и оценить вклад механизмов сжатия и возбуждения в повышение качества сегментации.

Таким образом, архитектура нейронной сети в данной работе формируется на основе базовой модели *U-Net* с *ResNet-18* в энкодере и расширяется за счет интеграции *scSE*-блоков с различными вариантами размещения. Это позволяет систематически исследовать влияние архитектурных решений, связанных с механизмами внимания, на качество сегментации дефектов поверхности материалов.

Обучение нейронной сети

Обучение нейронной сети выполнялось отдельно для каждого варианта архитектуры, включая базовую модель без использования *scSE*-блоков и модели с различными вариантами их размещения. Такой подход позволил провести корректное сравнительное исследование влияния блоков сжатия и возбуждения на процесс обучения и качество сегментации дефектов поверхности материалов. Для оптимизации параметров нейронной сети использовался оптимизатор *Adam*, показавший высокую эффективность и устойчивость при обучении сверточных нейронных сетей сегментации. Начальное значение скорости обучения задавалось фиксированным, после чего применялась

стратегия поэтапного уменьшения скорости обучения: значение скорости обучения уменьшалось в 10 раз каждые 10 эпох. Данный подход позволил обеспечить быструю начальную сходимость и более точную настройку параметров модели на завершающих этапах обучения. В качестве функции потерь использовалась разреженная категориальная кросс-энтропия, что обусловлено формулировкой задачи сегментации как задачи пиксельной классификации с двумя классами («дефект» и «фон»). Применение данной функции потерь обеспечивает корректное обучение модели при использовании целевых масок, заданных в виде целочисленных меток классов. Обучение нейронной сети проводилось с использованием валидационной выборки, составлявшей 20 % обучающих данных. В процессе обучения осуществлялся контроль значения функции потерь на валидационной выборке, что позволяло оценивать обобщающую способность модели и предотвращать переобучение. Для каждого варианта архитектуры сохранялась лучшая модель, соответствующая минимальному значению функции потерь на валидационной выборке.

Анализ динамики функции потерь показал, что добавление *scSE*-блоков в архитектуру нейронной сети оказывает положительное влияние на процесс обучения. Для моделей с использованием *scSE*-блоков наблюдалась более плавная и устойчивая сходимость, а также снижение колебаний значения функции потерь по сравнению с базовой архитектурой без механизмов сжатия и возбуждения. В ряде вариантов размещения *scSE*-блоков также отмечалось ускорение сходимости, выражающееся в достижении минимального значения функции потерь на меньшем числе эпох. В отдельных конфигурациях архитектуры минимальное значение функции потерь достигалось на последних эпохах обучения, что указывает на потенциальную возможность дальнейшего повышения точности сегментации при увеличении числа эпох обучения. Однако на практике данный подход требует дополнительных вычислительных ресурсов и увеличения времени обучения, что ограничивает его применение в рамках рассматриваемого исследования.

Таким образом, используемая стратегия обучения позволила обеспечить стабильную сходимость нейронной сети и провести корректное сравнение различных вариантов архитектуры.

Таблица 1. Результаты сегментации дефектов поверхности материалов на тестовой выборке

Вариант архитектуры	<i>DICE</i>	<i>SENS</i>	<i>SPEC</i>	<i>ACCU</i>
<i>Without-scSE</i>	0,392	0,341	0,981	0,946
<i>Standard-scSE</i>	0,574	0,521	0,985	0,958
<i>scSE-PRE</i>	0,518	0,487	0,982	0,952
<i>scSE-POST</i>	0,541	0,463	0,989	0,956
<i>scSE-Identity</i>	0,497	0,502	0,978	0,948

Результаты и обсуждение

Для оценки эффективности разработанной нейронной сети была выполнена сегментация изображений тестовой выборки, содержащей изображения поверхности материалов, ранее не использовавшиеся в процессе обучения. Эксперименты проводились для всех вариантов архитектуры, включая базовую модель без использования *scSE*-блоков и модели с различными вариантами их размещения. Качество сегментации оценивалось с использованием метрики Дайса (*DICE*), чувствительности (*SENS*), специфичности (*SPEC*) и точности (*ACCU*). Такой набор метрик позволяет комплексно оценить как способность модели обнаруживать дефектные области, так и ее устойчивость к ложным срабатываниям на фоне текстурированной поверхности материала. Результаты сегментации дефектов поверхности материалов на тестовой выборке представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что базовая архитектура *Without-scSE* демонстрирует наименьшие значения метрик Дайса и чувствительности, что указывает на ограниченную способность модели выявлять мелкие и слабо контрастные дефекты без использования механизмов адаптивной рекалибровки признаков.

Несмотря на относительно высокие значения специфичности, данная архитектура склонна к пропуску дефектных областей, что является критичным недостатком для задач автоматического контроля качества.

Добавление блоков сжатия и возбуждения приводит к существенному улучшению результатов сегментации для всех вариантов их размещения.

Наиболее высокие значения метрик Дайса и чувствительности получены для архитектуры *Standard-scSE*, что свидетельствует о наиболее сбалансированном сочетании точности локали-

зации дефектов и способности их обнаружения. Данный вариант архитектуры также демонстрирует наивысшее значение общей точности, что подтверждает его преимущество по совокупности показателей.

Архитектура *scSE-PRE* обеспечивает заметный рост чувствительности по сравнению с базовой моделью, однако уступает *Standard-scSE* по метрике Дайса, что может быть связано с менее точным восстановлением границ дефектов при предварительной рекалибровке признаков.

Вариант *scSE-POST*, напротив, демонстрирует наибольшую специфичность, что указывает на более консервативный характер сегментации и эффективное подавление ложноположительных предсказаний, однако сопровождается снижением чувствительности.

Вариант *scSE-Identity* характеризуется сравнительно высокой чувствительностью, но при этом показывает снижение специфичности и метрики Дайса, что отражает рост числа ложноположительных областей и менее точное пространственное соответствие предсказанных масок. Такой вариант может быть полезен в сценариях, где приоритетом является минимизация пропуска дефектов, однако он уступает *Standard-scSE* по балансу основных метрик.

В целом полученные результаты подтверждают, что использование блоков сжатия и возбуждения существенно повышает качество сегментации дефектов поверхности материалов по сравнению с базовой архитектурой.

При этом оптимальный вариант размещения *scSE*-блоков определяется особенностями предметной области и характером дефектов.

В рассматриваемой задаче наиболее эффективным по совокупности показателей оказался вариант *Standard-scSE*, что подтверждает универсальность предложенного архитектурного подхода и его применимость за пределами медицинских задач сегментации.

Заключение

В данной работе проведено исследование применимости архитектурных решений, основанных на механизмах сжатия и возбуждения, для задачи сегментации дефектов поверхности материалов.

В качестве базовой модели использовалась нейронная сеть типа *U-Net* с энкодером на основе *ResNet-18*, расширенная за счет интеграции пространственно-канальных блоков *scSE*, ранее успешно примененных в задачах медицинской сегментации.

Экспериментальные исследования выполнены на открытом промышленном наборе данных *KolektorSDD2*, содержащем изображения поверхности материалов с различными типами локальных дефектов и соответствующими пиксельными разметками.

Проведен сравнительный анализ базовой архитектуры без механизмов внимания и нескольких вариантов архитектуры с различным размещением *scSE*-блоков.

Оценка качества сегментации осуществлялась с использованием метрик Дайса, чувствительности, специфичности и точности, что позволило комплексно охарактеризовать как способность моделей обнаруживать дефектные области, так и их устойчивость к ложным срабатываниям.

Полученные результаты показали, что добавление блоков сжатия и возбуждения во всех рассмотренных конфигурациях приводит к улучшению качества сегментации по сравнению с базовой архитектурой без механизмов внимания. Наиболее сбалансированные значения метрик были достигнуты при стандартном размещении *scSE*-блоков, обеспечивающем наилучшее сочетание точности локализации дефектов и способности их обнаружения. При этом альтернативные варианты размещения *scSE*-блоков демонстрируют различные компромиссы между чувствительностью и специфичностью, что подтверждает зависимость оптимальной конфигурации архитектуры от особенностей предметной области и характера дефектов.

Таким образом, результаты работы подтверждают универсальность архитектурного подхода, основанного на интеграции *scSE*-блоков в нейронные сети типа *U-Net*, и демонстрируют его применимость за пределами медицинской визуализации. Предложенные решения могут быть использованы при разработке систем автоматизированного визуального контроля качества в промышленности, а также послужить основой для дальнейших исследований, направленных на адаптацию механизмов внимания к специфике различных типов дефектов и условий съемки.

Литература/References

1. Chen, Y. Surface defect detection methods for industrial products: A review // Ya. Chen, Yu. Ding, F. Zhao, E. Zhang, Zh. Wu, L. Shao // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2021. – Т. 11. – No. 16. – P. 7657. – DOI: 10.3390/app11167657. – EDN: LHRDPT.
2. Xie, X. A review of recent advances in surface defect detection using texture analysis techniques / X. Xie // *ELCVIA: electronic letters on computer vision and image analysis*, 2008. – P. 1–22. – DOI: 10.5565/rev/elcvia.268.
3. Tsai, D.M. Automated surface inspection for directional textures / D.M. Tsai, C.Y. Hsieh // *Image and Vision computing*. – 1999. – Т. 18. – No. 1. – P. 49–62. – DOI: 10.1016/S0262-8856(99)00009-8.
4. Maldague, X. Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing / X. Maldague. – Wiley, 2001.
5. Prunella, M. Deep learning for automatic vision-based recognition of industrial surface defects: A survey / M. Prunella, R.M. Scardigno, D. Buongiorno, A. Brunetti, N. Longo, R. Carli, M. Dotoli, V. Bevilacqua // *IEEE Access*. – 2023. – Т. 11. – P. 43370–43423. – DOI: 10.1109/access.2023.3271748. – EDN: LZFNWV.
6. Liu, X. Recent progress in semantic image segmentation / X. Liu, Z. Deng, Y. Yang // *Artificial Intelligence Review*. – 2019. – Т. 52. – No. 2. – P. 1089–1106. – DOI: 10.1007/s10462-018-9641-3. – EDN: AVLXBZ.
7. Ronneberger, O. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // *International Conference on Medical image computing and*

computer-assisted intervention. – Cham : Springer international publishing, 2015. – P. 234–241. – DOI: 10.1007/978-3-319-24574-4_28.

8. He, K. Deep residual learning for image recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2016. – P. 770–778. – DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.

9. Hu, J. Squeeze-and-excitation networks / J. Hu, L. Shen, G. Sun // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2018. – P. 7132–7141. – DOI: 10.1109/CVPR.2018.00745.

10. Roy, A.G. Concurrent spatial and channel ‘squeeze & excitation’ in fully convolutional networks / A.G. Roy, N. Navab, C. Wachinger // International conference on medical image computing and computer-assisted intervention. – Cham : Springer International Publishing, 2018. – P. 421–429.

11. Kolektor Surface-Defect Dataset 2 (KolektorSDD2) / Visual Cognitive Systems Laboratory, University of Ljubljana. – Ljubljana, 2019 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.vicos.si/resources/kolektorsdd2>.

12. Tabernik, D. Segmentation-based deep-learning approach for surface-defect detection / D. Tabernik, S. Šela, Ju. Skvarč, D. Skočaj // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2020. – T. 31. – No. 3. – P. 759–776. – DOI: 10.1007/s10845-019-01476-x. – EDN: ZRROWP.

13. Targ, S. Resnet in resnet: Generalizing residual architectures / S. Targ, D. Almeida, K. Lyman // arXiv preprint arXiv:1603.08029. – 2016.

14. Roy, A.G. Recalibrating fully convolutional networks with spatial and channel “squeeze and excitation” blocks / A.G. Roy, N. Navab, C. Wachinger // IEEE transactions on medical imaging. – 2018. – T. 38. – No. 2. – P. 540–549.

© А.А. Шумачков, А.Н. Сочнев, 2026

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Ю. ЧЕСАЛОВ

ООО «Программные системы Атлансис»,
г. Тверь

Ключевые слова и фразы: большие языковые модели; экологический мониторинг; низкоуглеродные технологии; промышленная безопасность; искусственный интеллект; платформа «Королев ИИ»; платформа *Atlansys EUS*.

Аннотация: В статье рассматривается роль технологий искусственного интеллекта, в частности больших языковых моделей, в разработке и реализации технологий искусственного интеллекта в решении задач экологической и промышленной безопасности – создании российского стека технологий для снижения ресурсоемкости и повышения энергоэффективности предприятий, минимизации негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения промышленной безопасности. На основе анализа Программы развития МГТУ им. Н.Э. Баумана и опыта применения платформы «Королев ИИ» и промышленной платформы *Atlansys EUS* обосновывается необходимость интеграции больших языковых моделей в процессы разработки систем мониторинга окружающей среды с высоким пространственно-временным разрешением, низкоуглеродных установок для очистки водной, почвенной и воздушной сред, а также энергоэффективных технологий производства продуктов питания. Предложена концепция архитектурной модели интеллектуальной экологической платформы. Показан вклад предлагаемых решений в достижение ключевых результатов проекта.

Цель настоящей работы – обосновать роль больших языковых моделей как ключевого инструмента ускорения разработок в области экологической и промышленной безопасности.

Результаты исследования: в ходе исследования установлено, что применение больших языковых моделей в сфере экологического мониторинга и промышленной безопасности позволяет существенно повысить эффективность обработки и интерпретации мультимодальных данных. Предложенная концептуальная трехуровневая архитектура, интегрирующая *LLM*-сервисы с платформами «Королев ИИ» и *Atlansys EUS*, создает основу для автоматизированного прогнозирования распространения загрязнений в водной, почвенной и воздушной средах, оптимизации параметров низкоуглеродных очистных установок с потенциальным повышением их эффективности по сравнению с существующими аналогами. Выявлены ключевые ограничения, связанные с необходимостью верификации прогнозных моделей, что определяет вектор дальнейших исследований в направлении создания гибридных архитектур.

Практическая значимость: результаты исследования и работы могут быть использованы инженерами и учеными, занимающимися разработкой прогнозных, аналитических и экспертных автоматизированных систем на основе новых информационных технологий и технологий искусственного интеллекта.

Исследования, разработка и реализация технологий искусственного интеллекта в решении задач экологической и промышленной безопасности является одним из ключевых направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и Программы

развития МГТУ им. Н.Э. Баумана. Они обеспечивают вклад в национальные проекты технологического лидерства Российской Федерации в области экологии, природопользования и промышленной безопасности.

Стратегия и Программа развития определяют основную цель направления исследований, как создание и внедрение российского стека технологий, обеспечивающих снижение ресурсоемкости и повышение энергоэффективности предприятий, для минимизации негативного воздействия на природную среду, сохранения и рационального использования природных ресурсов, адаптации к изменению климата, а именно: системы мониторинга антропогенного воздействия; технологии снижения негативного воздействия; энергоэффективные аэропонные технологии.

Достижение результатов в решении задач экологической и промышленной безопасности требует решения сложнейших междисциплинарных задач: обработка и интерпретация огромных объемов мультимодальных и гетерогенных данных, моделирование распространения загрязнений в различных средах, оптимизация технологических параметров очистных сооружений и аэропонных установок, а также подготовка кадров, способных работать на стыке экологии, химии, биологии, физики, информатики и инженерии.

В этой связи особую актуальность приобретает использование технологий искусственного интеллекта (ИИ), и, в частности, больших языковых моделей (англ. *Large Language Model*, *LLM*), которые способны выступать в роли интеллектуального ассистента (ИИ-ассистента) исследователя и разработчика, обеспечивая интеграцию разнородных данных, автоматизацию обработки мультиспектральной информации, прогнозное моделирование, оптимизацию технологических процессов и ускорение образовательных процессов [1].

Цель настоящей работы – обосновать роль больших языковых моделей как ключевого инструмента ускорения разработок в области экологических технологий и промышленной безопасности.

Анализ Программы развития позволяет выделить следующие ключевые характеристики, определяющие направления исследований и разработок.

1. Основной целью разработки и применения технологий искусственного интеллекта в

решении задач экологической и промышленной безопасности (далее проект) является создание и внедрение российского стека технологий, обеспечивающих снижение ресурсоемкости и повышение энергоэффективности предприятий, для минимизации негативного воздействия на природную среду, сохранения и рационального использования природных ресурсов, адаптации к изменению климата. Задачи проекта структурированы по трем направлениям: разработка систем мониторинга, разработка технологий очистки, разработка аэропонных технологий.

Большие языковые модели могут применяться на всех этапах разработки экологических технологий – от анализа мультиспектральных данных до оптимизации технологических параметров, а именно:

1) интеграция и анализ мультиспектральных данных: *LLM* могут анализировать и интерпретировать спутниковые данные; интегрировать разнородные источники; формировать отчеты на естественном языке;

2) прогнозирование распространения загрязнений: *LLM* могут генерировать модели распространения; интерпретировать результаты прогнозирования; автоматизировать калибровку моделей;

3) оптимизация технологических параметров очистных сооружений: *LLM* могут анализировать эффективность очистки; предлагать оптимальные режимы работы; прогнозировать необходимость обслуживания;

4) оптимизация аэропонных установок: *LLM* могут анализировать влияние параметров на рост; генерировать рекомендации по управлению; прогнозировать урожайность;

5) интеллектуальная поддержка принятия решений: *LLM* могут анализировать соответствие нормативам; предлагать меры реагирования; формировать отчетность для надзорных органов.

Для интеграции *LLM* в процессы исследований и разработок по проекту предлагается трехуровневая концептуальная архитектура, обеспечивающая поддержку всего жизненного цикла экологических технологий: уровень данных и мониторинга; уровень интеллектуальных сервисов; уровень взаимодействия.

Внедрение *LLM* в экологические технологии и системы промышленной безопасности сопряжено с рядом вызовов, требующих системного решения [2].

1. Точность и надежность прогнозов. Не-

обходима разработка: методов верификации прогнозных моделей на основе данных реальных наблюдений; гибридных архитектур, где *LLM* выступает в роли интерфейса, а ядро прогнозирования базируется на верифицированных физико-химических моделях [3]; систем оценки неопределенности прогнозов, предоставляющих пользователям информацию о доверительных интервалах.

2. Интеграция разнородных данных. Необходимы: создание стандартизированных онтологий для описания экологических данных; разработка методов автоматической регистрации и калибровки разнородных источников; обеспечение совместимости с существующими государственными информационными системами экологического мониторинга.

3. Биологическая и агрономическая валидация. Необходимы: создание баз данных экспериментальных результатов для дообучения моделей; обеспечение возможности ручной корректировки рекомендаций агрономами-экспертами.

4. Нормативно-правовое регулирование. Использование *LLM* требует: определения статуса информации, полученной с использованием *LLM*, для целей государственного экологического контроля; разработки методик использования ИИ для расчета выбросов и сбросов; обеспечения соответствия требованиям природоохранного законодательства.

Стратегический технологический проект разработки и применения технологий искусственного интеллекта в решении задач экологической и промышленной безопасности является базовым направлением, ориентированным на создание российского стека ИИ-технологий. Достижение целевых результатов требует эф-

фективной обработки и интерпретации огромных объемов данных, прогнозного моделирования, оптимизации технологических параметров и ускорения подготовки кадров.

Большие языковые модели предоставляют технологическую основу для создания интеллектуальной экологической платформы, способной обеспечить автоматизацию обработки данных мониторинга, прогнозирование распространения загрязнений, оптимизацию очистных и аэропонных технологий, а также интеллектуальную поддержку принятия решений. Предложенная в статье концептуальная трехуровневая архитектура, которую можно реализовать на базе научно-образовательной платформы «Король ИИ» МГТУ им. Н.Э. Баумана [4] или промышленной платформы *Atlansys EUS* [5], позволяет интегрировать ИИ-сервисы и *LLM*-сервисы в ключевые процессы проекта, обеспечивая масштабируемость и адаптивность.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку специализированных *LLM* для решения экологических и агротехнологических задач, создание методов верификации прогнозных моделей, обеспечение интеграции с государственными системами экологического мониторинга, а также на подготовку кадров, способных эффективно использовать искусственный интеллект для решения задач в области экологии и промышленной безопасности.

Успешная реализация данного подхода позволит не только достичь целевых показателей проекта, но и сформировать новое поколение специалистов, способных разрабатывать и внедрять технологии, обеспечивающие устойчивое развитие и технологический суверенитет России.

Литература

1. Чесалов, А.Ю. Математическая модель снижения неопределенности на основе теории свителств Демпстера-Шафера на уровне сбора данных в автоматизированных системах прогнозируемого обслуживания / А.Ю. Чесалов // Динамика сложных систем – XXI век. – 2025. – Т. 19. – № 4. – С. 62–74. – DOI: 10.18127/j19997493-202504-07. – EDN: BNQZRC.
2. Чесалов, А.Ю. Применение искусственного интеллекта для реализации алгоритмов потенциала негативности рассогласования в промышленных автоматизированных системах прогнозируемого обслуживания / А.Ю. Чесалов // Открытое образование. – 2025. – № 29(3). – С. 11–21. – DOI: 10.21686/1818-4243-2025-3-11-21. – EDN: YKYVTM.
3. Чесалов, А.Ю. Анализ возможности применения модели OpenThinker2-32B в автоматизированных системах прогнозируемого обслуживания для малых и средних промышленных предприятий / А.Ю. Чесалов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2025. – Т. 27. – № 5. – С. 56–70. – DOI: 10.18127/j19998554-202505-07. – EDN: TRJQUR.

4. Литвинова, Е.Е. Интеграция больших языковых моделей в образовательную экосистему МГТУ им. Н.Э. Баумана: кейс платформы Korolev AI / Е.Е. Литвинова, М.С. Французов, А.Ю. Чесалов // Science and technology research – 2026 : сборник статей Международной научно-практической конференции (5 февраля 2026 г.). – Петрозаводск : МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2026. – С. 34–41. – DOI: 10.46916/09022026-1-978-5-00276-001-5. – EDN: RUFKLC.

5. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2023619721. Электронная универсальная система машинного обучения Atlansys EUS / А.Ю. Чесалов (RU); правообладатель ООО «Программные системы Атлансис» (RU). – № 2023617792/69: заявлено 26.04.2023: опубликовано 15.05.2023. – Бюл. № 5. – 1 с.

References

1. CHesalov, A.YU. Matematicheskaya model snizheniya neopredelennosti na osnove teorii svidetelstv Dempstera-Shafera na urovne sbora dannykh v avtomatizirovannykh sistemakh prognozirovomogo obsluzhivaniya / A.YU. CHesalov // Dinamika slozhnykh sistem – XXI vek. – 2025. – Т. 19. – № 4. – С. 62–74. – DOI: 10.18127/j19997493-202504-07. – EDN: BNQZRC.

2. CHesalov, A.YU. Primenenie iskusstvennogo intellekta dlya realizatsii algoritmov potentsiala negativnosti rassoglasovaniya v promyshlennykh avtomatizirovannykh sistemakh prognozirovomogo obsluzhivaniya / A.YU. CHesalov // Otkrytoe obrazovanie. – 2025. – № 29(3). – С. 11–21. – DOI: 10.21686/1818-4243-2025-3-11-21. – EDN: YKYVTM.

3. CHesalov, A.YU. Analiz vozmozhnosti primeneniya modeli OpenThinker2-32B v avtomatizirovannykh sistemakh prognozirovomogo obsluzhivaniya dlya mal'kh i srednikh promyshlennykh predpriyatij / A.YU. CHesalov // Nejrokompyutery: razrabotka, primeneniye. – 2025. – Т. 27. – № 5. – С. 56–70. – DOI: 10.18127/j19998554-202505-07. – EDN: TRJQUR.

4. Litvinova, E.E. Integratsiya bolshikh yazykovykh modelej v obrazovatel'nuyu ekosistemu MGTU im. N.E. Bauman: kejs platformy Korolev AI / E.E. Litvinova, M.S. Frantsuzov, A.YU. CHesalov // Science and technology research – 2026 : sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (5 fevralya 2026 g.). – Petrozavodsk : MTSNP «NOVAYA NAUKA», 2026. – С. 34–41. – DOI: 10.46916/09022026-1-978-5-00276-001-5. – EDN: RUFKLC.

5. Svidetelstvo ob ofitsialnoj registratsii programmy dlya EVM №2023619721. Elektronnaya universal'naya sistema mashinnogo obucheniya Atlansys EUS / A.YU. CHesalov (RU); pravoobladatel' ООО «Programmnye sistemy Atlansis» (RU). – № 2023617792/69: zayavleno 26.04.2023: opublikovano 15.05.2023. – Byul. № 5. – 1 s.

© А.Ю. Чесалов, 2026

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ ЛЕДОВОГО ОБЪЕКТА С БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДЬЮ ОСТЕКЛЕНИЯ

Н.А. ГЛАЗУНОВ

ООО «Рилайд Проект»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: ледовый объект; климат-контроль; холодильная мощность; остекление; влажность воздуха; образование тумана.

Аннотация: Цель исследования – разработать подходы к проектированию системы климат-контроля ледового объекта с большой площадью остекления. Гипотеза исследования: проектирование системы климат-контроля будет более точным, если холодильная мощность, остекление, влажность и распределение воздуха, а также условия эксплуатации будут рассматриваться в единой проектной процедуре. Методы: теоретический анализ, классификация факторов, обобщение практики, структурирование подходов, экспертное сопоставление параметров. Результаты: предложена классификация факторов микроклимата ледового объекта с большой площадью остекления; разработаны авторские подходы к проектированию системы климат-контроля по холодильной мощности, влажностному состоянию, остеклению, зонам пользователей и энергозатратам.

Современные ледовые объекты относятся к наиболее сложным общественным зданиям, в которых комфорт людей, качество ледового покрытия и расход энергии зависят от согласованной работы холодоснабжения, вентиляции, осушения и отопления. Ледовая арена работает в условиях постоянного столкновения двух сред: холодной поверхности льда и теплого влажного воздуха помещения. Вследствие этого в зоне ледового поля могут возникать туман, конденсат, ухудшение качества льда, коррозия конструкций и дискомфорт посетителей [1–2]. Большая площадь остекления усиливает задачу проектировщика, поскольку светопрозрачные конструкции связаны с теплопоступлениями, теплопотерями и изменением нагрузки на систему климат-контроля [5]. В ледовом объекте с трибунами также возникает необходимость согласовать параметры зоны льда, зоны спортсменов и зоны зрителей, так как для каждой зоны характерны разные требования к температуре, влажности и комфорту [4]. Энергетическая значимость проектного решения подтверждается тем, что вентиляция, осушение, рециркуляция, рекуперация теплоты и выбранная схема обработки воздуха заметно меняют годовое энерго-

потребление ледовой арены [6]. Следовательно, проектирование системы климат-контроля ледового объекта с большой площадью остекления должно выстраиваться как инженерная процедура, объединяющая расчет холодильной мощности, оценку влажностного режима, выбор схемы подачи воздуха, проверку влияния остекления и предотвращение выпадения тумана [3].

Теоретические основания проектирования систем климат-контроля ледовых объектов исходят из понимания ледовой арены как помещения с искусственным льдом, в котором холодная поверхность, влажный воздух, ограждения, трибуны и инженерное оборудование образуют единую тепловлажностную среду. Ключевая задача проектирования состоит в согласовании холодильной мощности ледового поля с параметрами внутреннего воздуха, схемой вентиляции, осушением и тепловыми воздействиями светопрозрачных конструкций. В случае недостаточной компенсации теплопритоков к поверхности льда ухудшается качество покрытия; в случае избытка влаги появляются туман и конденсат, что влияет на конструкции, видимость и комфорт людей [1–2].

Таблица 1. Классификация факторов микроклимата ледового объекта с большой площадью остекления

Группа	Объект проверки	Ключевой признак	Проектное решение
Ледовое поле и холодильная мощность	Температура льда, теплопритоки, качество покрытия	Размягчение льда, рост тепловой нагрузки	Расчет компенсации теплопритоков, подбор холодоснабжения
Влажностные параметры	Относительная влажность, туман, конденсат	Выпадение влаги, ухудшение видимости, коррозия	Осушение воздуха, ассимиляция влаги, рециркуляция
Остекление и тепловая нагрузка	Площадь стеклопакетов, солнечные поступления, теплопотери	Перегрев зоны трибун, рост нагрузки на климат-контроль	Проверка остекления, расчет теплопоступлений, защита от солнечной радиации
Зоны пользователей	Ледовое поле, зона спортсменов, зрительские места	Различие температуры, влажности и комфорта	Раздельная подача воздуха, корректный расход, проверка скорости воздуха
Энергия и обслуживание	Вентиляция, осушение, рекуперация, график работы оборудования	Перерасход энергии, сложность обслуживания	Выбор схемы обработки воздуха, оценка затрат, сервисный доступ

Большая площадь остекления добавляет расчету солнечную радиацию, теплопотери и изменение нагрузки на климат-контроль. Параметры стеклопакетов и их старение также влияют на энергопотребление здания [5]. Следует отметить, что ледовый объект с трибунами включает в себя ледовое поле, пространство спортсменов и зрительские места. У каждой зоны различаются температура, влажность, скорость движения воздуха и допустимый уровень комфорта [4].

Расчет системы климат-контроля в данной работе рассматривается как проектная процедура, в которой холодильная мощность, осушение, распределение воздуха, рециркуляция, рекуперация теплоты и график работы оборудования проверяются в единой последовательности. В литературе установлено, что точность определения температуры, влагосодержания, парциального давления и энтальпии повышает качество расчета вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях с искусственным льдом [3]. В то же время численное моделирование тепломассообмена предоставляет возможность учитывать фазовые превращения воды во влажном воздухе и на внутренних поверхностях ледового объекта [1].

Энергетическая часть проектирования также имеет важнейшее значение – выбор схемы вентиляции, осушения, рециркуляции и рекуперации способен существенно изменить расход энергии за ледовый сезон [6]. С учетом указан-

ных положений целесообразно сгруппировать факторы микроклимата ледового объекта с большой площадью остекления (табл. 1).

В целом основная методическая проблема согласования холодильной мощности, остекления и параметров внутреннего воздуха возникает в тот момент, когда ледовое поле, трибуны и светопрозрачная часть здания рассматриваются как отдельные расчетные задачи. Холодильная мощность связывается с тепловым воздействием на ледовую поверхность, остекление усиливает переменность тепловой нагрузки, внутренний воздух реагирует изменением температуры, влагосодержания и точки росы.

В ледовом объекте с большой площадью остекления ошибка в одном расчетном блоке быстро проявляется в смежном участке системы, ведь избыточная влага создает туман над льдом, лишний тепловой поток ухудшает покрытие, подача теплого воздуха к трибунам меняет влажностное состояние арены [1–2; 5].

Раздельная оценка холодильной установки, вентиляции, осушения и остекления затрудняет выбор системы климат-контроля. Расчет может показывать достаточную холодильную мощность, стеклопакеты – приемлемые теплотехнические свойства, вентиляционная установка – необходимый расход воздуха, при этом в эксплуатации появляются жалобы зрителей, локальный туман, конденсат на ограждениях и рост затрат на обработку воздуха.

Для устранения этого разрыва предлагает-

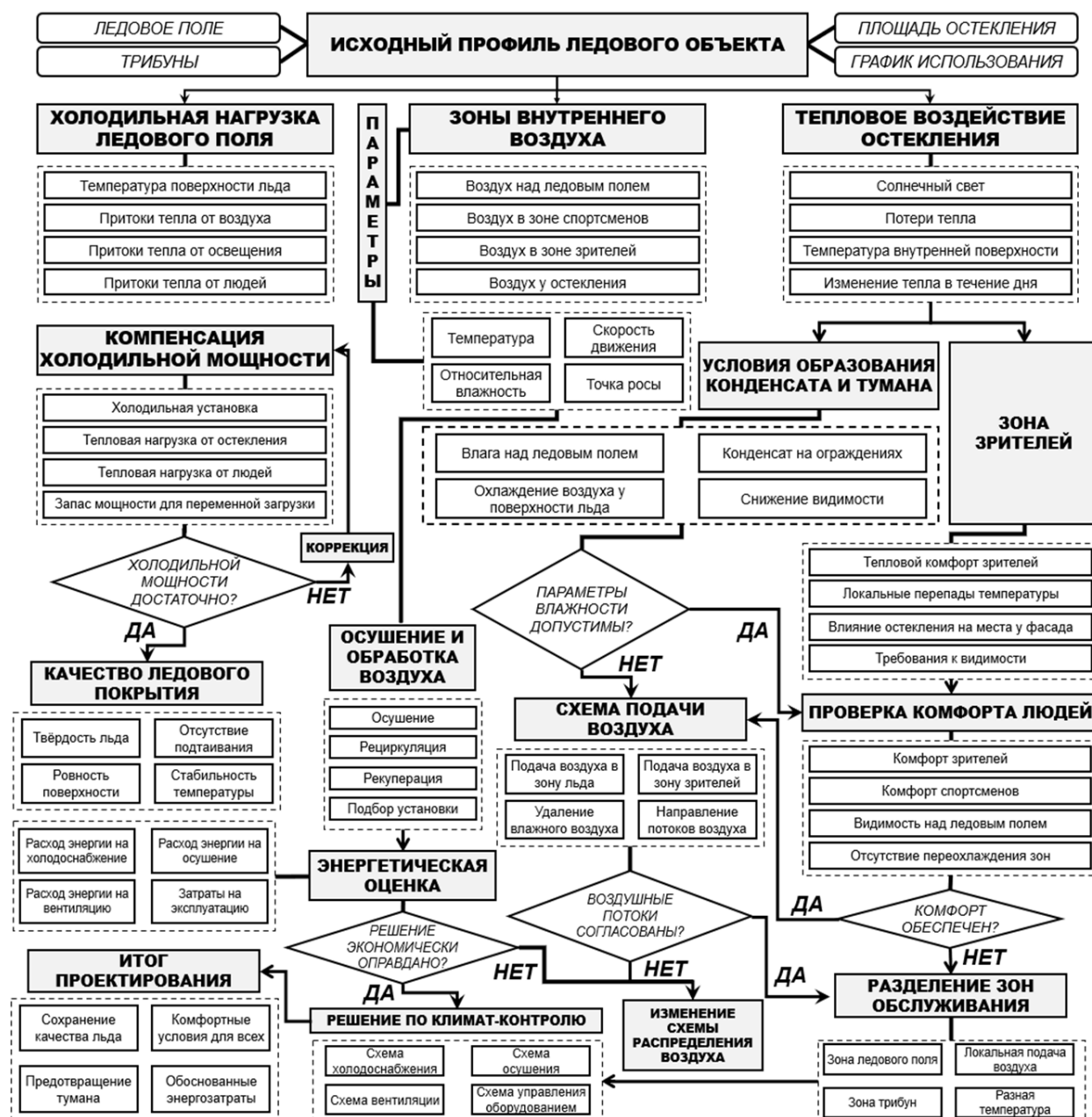


Рис. 1. Модель проектирования системы климат-контроля ледового объекта с большой площадью остекления

ся авторский порядок проектирования, который связывает расчет параметров воздуха, оценку влаги, выбор осушения, проверку влияния остекления и оценку работы оборудования в течение ледового сезона [3–4; 6].

На рис. 1 показана модель проектирования системы климат-контроля ледового объекта с большой площадью остекления как решение указанной методической проблемы.

Каждый подход раскрывает свой аспект

расчета (лед, влажность, остекление, зоны людей, энергозатраты и работа оборудования в течение ледового сезона).

Их содержание представлено в табл. 2.

Проектирование системы климат-контроля ледового объекта начинается с отдельного описания зон, которые по-разному реагируют на холод, влагу и тепловое воздействие остекления. В расчет вводятся параметры ледового поля, зрительских мест, пространства у све-

Таблица 2. Ключевые подходы к проектированию системы климат-контроля ледового объекта с большой площадью остекления

Проектный подход	Смысл подхода	Параметры проектной проверки	Практический результат
Теплобалансовый	Расчет теплового воздействия на ледовое поле и внутренний воздух	Притоки от людей, освещения, воздуха, ограждений и остекления	Обоснование холодильной мощности для ледового покрытия
Влаго-регулирующий	Управление влагой до появления тумана и конденсата	Влагосодержание, точка росы, осушение, удаление влажного воздуха	Снижение риска тумана над ледовым полем и конденсата на конструкциях
Зональный	Разделение объекта по условиям пребывания людей и работы льда	Ледовое поле, зона спортсменов, трибуны, зона у остекления	Дифференциация параметров воздуха по зонам
Светотепловой	Учет влияния большой площади остекления на климат внутри арены	Солнечные поступления, теплопотери, температура стекла, перегрев трибун	Включение остекления в расчет нагрузки на климат-контроль
Энерго-эксплуатационный	Сопоставление микроклимата с затратами на работу системы	Вентиляция, осушение, рециркуляция, рекуперация, график загрузки	Обоснование затрат на работу системы в течение ледового сезона
Сценарный	Проверка работы системы в разных условиях использования объекта	Тренировка, матч, массовое катание, простой, пиковая загрузка	Готовность проектного решения к переменным условиям эксплуатации

топрозрачных конструкций и зоны движения спортсменов. Отдельно определяются теплопритоки к поверхности льда, влажностная нагрузка, влияние остекления, расход воздуха и параметры осушения. На данном уровне холодильная мощность соотносится с воздействием ограждений, людей, освещения и наружного воздуха, чтобы качество ледового покрытия, видимость над полем и комфорт зрителей рассматривались в одной проектной задаче [1; 3; 5]. Выбор схемы климат-контроля базируется на сопоставлении подачи воздуха в функциональные зоны, удаления влаги, рециркуляции, рекуперации теплоты, работы установки обработки воздуха и графика загрузки объекта. В проектной проверке учитываются риск тумана, конденсат, локальное переохлаждение зрителей, рост энергозатрат и доступность обслуживания [2; 4; 6]. Согласование параметров льда, влажности, остекления, распределения воздуха и затрат позволяет принять проектное решение к разработке. Наконец, выявленное отклонение возвращает расчет к блоку, в котором возникла причина нарушения микроклимата.

Важно отметить, что предложенное описание находится в предметной области инже-

нерных систем здания – в нем совместно рассматриваются холодоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, теплопритоки от освещения и режимы удаления влаги, за счет чего ледовый объект раскрывается как объект проектирования микроклимата, в котором архитектурное решение, ледовое поле и инженерное оборудование проверяются в единой системе расчетов.

Таким образом, авторский практический вклад заключается в том, что проектирование системы климат-контроля ледового объекта с большой площадью остекления представлено как ясный рабочий порядок для инженера. В настоящем исследовании показано, что холодильную мощность, остекление, влажность, подачу воздуха, комфорт зрителей и энергозатраты следует рассматривать в одной проектной задаче. Предложенная схема помогает заранее связать туман, конденсат, подтаивание льда и переохлаждение отдельных элементов зоны зрителей с конкретными расчетами. Ценность проведенного исследования состоит в том, что предложенный авторский порядок помогает повысить качество ледового покрытия, улучшить условия пребывания зрителей и спортсменов.

Литература

1. Зайцев, О.Н. Моделирование тепломассообменных процессов вентиляции крытых ледовых катков / О.Н. Зайцев, С.В. Чуйкин, В.В. Волков, А.С. Чесноков // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2025. – № 2(72). – С. 21–34. – DOI: 10.48612/NewsKSUAЕ/72.2. – EDN: AONPKB.
2. Неверов, Е.Н. К вопросу повышения влажности на ледовых аренах и пути его решения / Е.Н. Неверов, И.А. Короткий, А.А. Кожаев, П.С. Коротких, А.А. Гущин // Холодильная техника. – 2021. – Т. 110. – № 4. – С. 185–192. – DOI: 10.17816/RF108646. – EDN: BJTYGB.
3. Чуйкин, С.В. Разработка методики и программы расчета параметров воздуха при кондиционировании и вентиляции крытых катков / С.В. Чуйкин // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – № 11. – С. 1802–1812. – DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1802-1812. – EDN: HEWMFS.
4. Du, Zh. Optimizing Economy with Comfort in Climate Control System Scheduling for Indoor Ice Sports Venues' Spectator Zones Considering Demand Response / Zh. Du, Y. Liu, Yu. Xue, B. Liu // Algorithms. – 2025. – Vol. 18. – No. 7. – P. 1–28. – DOI: 10.3390/a18070446. – EDN: RNZSYM.
5. Likins-White, M. Degradation of Insulating Glass Units: Thermal Performance, Measurements and Energy Impacts / M. Likins-White, R.C. Tenent, Zh.J. Zhai // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – No. 2. – P. 1–26. – DOI: 10.3390/buildings13020551. – EDN: WVJSOA.
6. Palmowska, A. Numerical Analysis of the Energy Consumption of Ventilation and Dehumidification Processes in the Ice Rink Arena / A. Palmowska, P. Ciuman // Applied Sciences. – 2025. – Vol. 15. – No. 21. – P. 1–27. – DOI: 10.3390/app152111771. – EDN: NSQJKC.

References

1. Zajtsev, O.N. Modelirovanie teplomassobmennyykh protsessov ventilyatsii krytykh ledovykh katkov / O.N. Zajtsev, S.V. CHujkin, V.V. Volkov, A.S. CHesnokov // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2025. – № 2(72). – S. 21–34. – DOI: 10.48612/NewsKSUAЕ/72.2. – EDN: AONPKB.
2. Neverov, E.N. K voprosu povysheniya vlazhnosti na ledovykh arenakh i puti ego resheniya / E.N. Neverov, I.A. Korotkij, A.A. Kozhaev, P.S. Korotkikh, A.A. Gushchin // KHolodil'naya tekhnika. – 2021. – T. 110. – № 4. – S. 185–192. – DOI: 10.17816/RF108646. – EDN: BJTYGB.
3. CHujkin, S.V. Razrabotka metodiki i programmy rascheta parametrov vozdukha pri konditsionirovanii i ventilyatsii krytykh katkov / S.V. CHujkin // Vestnik MGSU. – 2023. – T. 18. – № 11. – S. 1802–1812. – DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1802-1812. – EDN: HEWMFS.

© Н.А. Глазунов, 2026

СВЯЗЬ ЛИЧНОСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ С ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

М.А. АНИКИНА, В.Н. БУТЕНКО, А.В. БУТЕНКО, В.В. ЗЕМЛЯНОВА

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск

Ключевые слова и фразы: иностранные студенты; личностные особенности; пятифакторная модель личности; нейротизм; экстраверсия; сознательность; психоэмоциональное состояние; тревожность; депрессивная симптоматика.

Аннотация: Исследование посвящено изучению связи личностных особенностей и психоэмоционального состояния иностранных студентов, обучающихся в российских вузах. На выборке 52 иностранных студентов (17–28 лет) с использованием методик *NEO-FFI*, *BDI-II* и методики Спилбергера установлены значимые корреляции нейротизма с депрессией ($r = 0,71$), личностной ($r = 0,62$) и реактивной тревожностью ($r = 0,52$). Экстраверсия и сознательность отрицательно связаны с депрессией ($r = -0,52$ и $-0,54$). Нейротизм выступает фактором риска, экстраверсия и сознательность – протективными факторами эмоционального неблагополучия. Результаты могут быть использованы при разработке программ психологической поддержки иностранных студентов.

Современная система высшего образования Российской Федерации характеризуется устойчивым трендом на интернационализацию, что выражается в последовательном увеличении численности иностранных студентов, выбирающих российские университеты для получения профессионального образования.

Данный процесс, с одной стороны, способствует академической и культурной интеграции, а с другой – актуализирует проблему психологического благополучия обучающихся, попадающих в ситуацию вынужденной кросс-культурной адаптации. Иностранные студенты сталкиваются с комплексом стрессовых факторов: языковой барьер, культурный шок, социальная изоляция, отсутствие привычной системы поддержки, необходимость адаптироваться к новым академическим требованиям.

Многочисленные исследования свидетельствуют, что успешность кросс-культурной адаптации иностранных студентов лишь частично детерминирована внешними условиями, тогда как решающая роль принадлежит внутренним, личностным ресурсам индивида. Однако до настоящего времени остается недостаточно изученным вопрос о том, какой именно профиль

личностных свойств обеспечивает психологическую устойчивость, а какой – предрасполагает к развитию дезадаптивных психоэмоциональных состояний в условиях академической миграции.

В качестве теоретической и эмпирической базы настоящего исследования выступает пятифакторная модель личности (*Big Five*), разработанная в трудах *P.T. Costa* и *R.R. McCrae*, которая выделяет следующие универсальные домены личности: нейротизм, экстраверсию, открытость опыту, доброжелательность и сознательность [3]. Применительно к контексту обучения иностранных студентов можно предположить, что высокий нейротизм будет положительно связан с уровнем ситуативной и личностной тревожности и депрессивными проявлениями, тогда как экстраверсия, сознательность и открытость опыту выступят протективными факторами.

Цель исследования – выявить связь между личностными особенностями и показателями психоэмоционального состояния у иностранных студентов.

Гипотеза исследования: существует связь между личностными особенностями и показа-

Таблица 1. Матрица корреляций личностных особенностей и показателей психоэмоционального состояния иностранных студентов ($n = 52$)

Шкала	ШБ	РТ	ЛТ	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>N</i>	<i>O</i>
ШБ	1,00	0,51	0,55	–0,52	–0,47	–0,54	0,71	–0,38
РТ	0,51	1,00	0,89	–0,38	–0,31	–0,36	0,52	–0,22
ЛТ	0,55	0,89	1,00	–0,45	–0,38	–0,44	0,62	–0,28
<i>E</i>	–0,52	–0,38	–0,45	1,00	0,78	0,74	–0,64	0,61
<i>A</i>	–0,47	–0,31	–0,38	0,78	1,00	0,76	–0,58	0,55
<i>C</i>	–0,54	–0,36	–0,44	0,74	0,76	1,00	–0,60	0,56
<i>N</i>	0,71	0,52	0,62	–0,64	–0,58	–0,60	1,00	–0,42
<i>O</i>	–0,38	–0,22	–0,28	0,61	0,55	0,56	–0,42	1,00

Примечание: ШБ – показатель депрессивной симптоматики по шкале Бека; РТ – реактивная тревожность; ЛТ – личностная тревожность; *E* – экстраверсия; *A* – доброжелательность/сотрудничество; *C* – сознательность/самоконтроль; *N* – нейротизм; *O* – открытость опыту. Все указанные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$; жирным шрифтом выделены корреляции с $p < 0,001$.

телями психоэмоционального состояния у иностранных студентов. Показатели нейротизма связаны с показателями личностной и реактивной тревожности.

Эмпирическое исследование выполнено в рамках корреляционного дизайна. Выборку составили 52 иностранных студента в возрасте от 17 до 28 лет, проживающих на территории России и обучающихся в высших учебных заведениях. Диагностический комплекс включал три методики: пятифакторный личностный опросник *NEO-FFI* в адаптации В.Е. Орла для оценки нейротизма, экстраверсии, открытости опыту, доброжелательности и сознательности; шкалу депрессии Бека (*BDI-II*) для оценки уровня депрессивной симптоматики; методику самооценки тревожности Ч.Д. Спилбергера для измерения реактивной (ситуативной) и личностной тревожности.

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием методов описательной статистики и коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Корреляционный анализ позволил установить значимые связи между личностными особенностями и показателями психоэмоционального состояния. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Самая сильная и устойчивая связь, которую мы обнаружили, касается нейротизма – эмоциональной нестабильности, склонности к тревоге и переживаниям. Чем выше был уровень

нейротизма у студентов, тем хуже оказывались показатели их психоэмоционального состояния. Особенно ярко это проявилось в связи с депрессией: коэффициент корреляции достиг 0,71. Иными словами, студенты, которые от природы более тревожны, ранимы и склонны к переживаниям, с большей вероятностью сталкиваются с депрессивными состояниями в условиях жизни и учебы в чужой стране. Полученные данные говорят о том, что в ситуации культурной и академической адаптации эмоциональная нестабильность является особенно сильным фактором риска.

Следующий важный результат касается экстраверсии – общительности, активности, открытости к контактам. Здесь картина обратная: чем более экстравертным является студент, тем реже он сообщает о депрессивных симптомах ($r = -0,52$). Связь с тревожностью тоже отрицательная, хотя и не такая сильная. Это означает, что общительные и социально активные студенты легче переносят стресс адаптации. Они быстрее находят друзей, получают поддержку, включаются в новую среду, и это, в свою очередь, защищает их от эмоционального выгорания. *J. Anglim, S. Horwood, L.D. Smillie* и их соавторы (2020) в масштабном метаанализе также показывают, что экстраверсия стабильно связана с субъективным благополучием [2].

Не менее важным оказалась сознательность – то есть организованность, самодисциплина, умение планировать и доводить дела до

конца. Она тоже оказалась надежным защитным фактором: студенты с высокими показателями сознательности реже страдали от тревоги и депрессии. Особенно сильной была обратная связь с депрессией ($r = -0,54$). Это логично: такие студенты лучше справляются с учебной нагрузкой, реже попадают в цейтнот, более предсказуемо организуют свою жизнь, а потому испытывают меньше стресса. Их поведение снижает неопределенность и тревогу, которая, как правило, появляется из-за неопределенности и неуверенности. Иностранные студенты с высокой сознательностью лучше справляются с учебными нагрузками, бытовыми трудностями и неопределенностью, что снижает их общий уровень психоэмоционального напряжения. Эти данные согласуются с выводами J.M.S. Piedmont (2012), M. Richardson и их соавторов (2012) о том, что сознательность является наиболее значимым предиктором академической успеваемости и одновременно связана с более низким уровнем стресса [5], а высокая самооценка позволяет удерживать контроль в ситуации неопределенности [4].

Что касается доброжелательности и открытости опыту, то тут были тоже обнаружены отрицательные связи с эмоциональным неблагополучием, но эти связи были слабее. Доброжелательные студенты реже сообщали о депрессии и тревоге, но эффект был не таким выраженным, как в случае с нейротизмом или сознательностью. Данные показывают, что открытость опыту, любознательность и готовность к новому помогают снижать депрессию и личностную тревожность, но практически не влияют на ситуативную тревожность. Это означает, что открытые новому опыту студенты в целом чувствуют себя лучше, но во время стресса это качество не спасает.

Отметим, что мы обнаружили очень сильную связь между двумя видами тревожности – личностной (как чертой) и реактивной (как состоянием в данный момент). Коэффици-

ент корреляции достиг 0,89. Это означает, что если студент по своей природе тревожен, то в любой стрессовой ситуации он будет чувствовать себя тревожно – личностная тревожность практически всегда гарантирует высокую реактивную тревожность. Этот результат полностью соответствует классической теории Спилбергера: тревожность как черта и тревожность как состояние – это не две разные вещи, а звенья одной цепи. Это важное напоминание для практиков: работать нужно не только с ситуацией, но и с личностью студента, с его глубинными установками и реакциями.

В ходе проведенного исследования установлено, что личностные особенности иностранных студентов статистически значимо связаны с показателями их психоэмоционального состояния. Наиболее сильные и значимые связи обнаружены для нейротизма, который выступает ключевым фактором риска эмоционального неблагополучия. Экстраверсия и сознательность, напротив, выполняют протективную функцию, снижая уровень тревожности и депрессивной симптоматики.

Полученные результаты имеют практическое значение для психологической службы вуза. Студенты с высокими показателями нейротизма требуют повышенного психологического внимания как потенциально наиболее уязвимая группа. Для них целесообразно проведение индивидуальных консультаций, направленных на снижение эмоциональной реактивности, развитие навыков саморегуляции и управления стрессом, освоение техник релаксации и когнитивной переоценки негативных ситуаций.

Студентам с выраженной интроверсией могут быть полезны индивидуальные консультации и постепенное вовлечение в социальные активности [1]. Для студентов с низкой сознательностью целесообразно проведение тренингов по развитию навыков самоорганизации и тайм-менеджмента.

Литература

1. Аникина, Н.С. Практика создания двуязычного туристического зина «Живой Красноярск» как инструмент конструирования идентичности, самостоятельности и ответственности в подростковом и юношеском возрасте / Н.С. Аникина, М.А. Аникина // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2026. – № 5-2(182). – С. 46–50 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://globaljournals.ru/assets/files/journals/global-scientific-potential/182/g-n-p-5\(182\)-tom2-contents.pdf](http://globaljournals.ru/assets/files/journals/global-scientific-potential/182/g-n-p-5(182)-tom2-contents.pdf). – EDN: ATZRDA.
2. Anglim, J. Predicting psychological and subjective well-being from personality: A meta-

analysis / J. Anglim, S. Horwood, L.D. Smillie, R.J. Marrero, J.K. Wood // Psychological Bulletin. – 2020. – Vol. 146(4). – P. 279–323. – DOI: 10.1037/bul0000226. – EDN: UOJDEK.

3. Costa, P.T. Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI): Professional manual / P.T. Costa, R.R. McCrae. – Odessa, FL : Psychological Assessment Resources, 1992. – 101 p.

4. Piedmont, J.M.S. The role of self-esteem in the relation between perceived control and well-being: A meta-analysis / J.M.S. Piedmont, M.J. Ellis, M.A. Sutton // Psychological Bulletin. – 2012. – Vol. 135(2). – P. 322–338. – DOI: 10.1037/a0014996.

5. Richardson, M. Psychological correlates of university students' academic performance: A systematic review and meta-analysis / M. Richardson, C. Abraham, R. Bond // Psychological Bulletin. – 2012. – Vol. 138(2). – P. 353–387. – DOI: 10.1037/a0026838.

References

1. Anikina, N.S. Praktika sozdaniya dvuyazychnogo turisticheskogo zina «ZHivoj Krasnoyarsk» kak instrument konstruirovaniya identichnosti, samostoyatel'nosti i otvetstvennosti v podrostkovom i yunosheskom vozraste / N.S. Anikina, M.A. Anikina // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2026. – № 5-2(182). – S. 46–50 [Electronic resource]. – Access mode : [http://globaljournals.ru/assets/files/journals/global-scientific-potential/182/g-n-p-5\(182\)-tom2-contents.pdf](http://globaljournals.ru/assets/files/journals/global-scientific-potential/182/g-n-p-5(182)-tom2-contents.pdf). – EDN: ATZRDA.

© М.А. Аникина, В.Н. Бутенко, А.В. Бутенко, В.В. Землянова, 2026

ФОРМИРОВАНИЕ УУД УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПРОЕКТОВ

Н.А. БАКЛАНОВА

ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»,
г. Омск

Ключевые слова и фразы: метод проектов; обучение математике; универсальные учебные действия.

Аннотация: Цель работы – рассмотреть возможность формирования универсальных учебных действий (УУД) учащихся в процессе обучения математике с использованием метода проектов. Задачи: выявить виды УУД, формируемых на различных этапах организации проектной деятельности учащихся; привести пример проекта по математике с указанием формируемых УУД учащихся. Методы исследования: анализ учебно-методической литературы, обобщение. Результатом исследования является разработка проекта по математике, направленного на формирование УУД учащихся.

Формирование универсальных учебных действий (УУД) происходит в процессе изучения разных предметов, в частности и математики. В федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования [3] выделяют три вида УУД:

- регулятивные;
- познавательные;
- коммуникативные.

Одним из средств развития этих действий выступает метод проектов.

Деятельность учеников, связанная с выполнением проектов, выступает важной составляющей процесса обучения. Ученики могут выбирать различные типы проектов, которые имеют свои особенности и цели:

- по способу преобладающей деятельности;
- по количеству участников проекта;
- по продолжительности проведения.

В зависимости от способа преобладающей деятельности проекты могут быть информационными, прикладными, исследовательскими [4].

Если рассматривать вторую классификацию, то выделяют следующие виды: групповые, парные, личностные проекты [5].

Если рассматривать третью классификацию, то имеем следующие виды: долгосрочные,

средней продолжительности и краткосрочные проекты [5].

Автор выделяет различные этапы реализации проекта. Некоторые из них приведены в табл. 1.

Рассмотрим пример проекта по математике «Симметрия в дорожных знаках» для учащихся 6 класса. Проект можно предложить ученикам в процессе изучения темы «Симметрии» [1].

Проект связан с вопросом безопасности передвижения на дорогах и посвящен использованию математических знаний учеников для анализа дорожных знаков. Цель проекта: изучить дорожные знаки с точки зрения геометрии и провести их классификацию по наличию и видам симметрии.

Ученики работают по группам с различными видами знаков: предупреждающие знаки, знаки приоритета, запрещающие знаки, предписывающие знаки, знаки особых предписаний. Для каждой группы знаки надо разделить по типам их симметрии. Ученикам каждой группы рекомендуется заполнить таблицу (табл. 2).

Затем каждой группе надо выбрать несколько знаков, обладающих осевой симметрией, и выполнить чертеж с построением осей симметрии.

Некоторые примеры выполнения задания представлены на рис. 1.

Таблица 1. Этапы реализации проекта

Автор	Этапы реализации проекта
Н.Ю. Пахомова	1. Погружение в проект 2. Организация деятельности 3. Осуществление деятельности 4. Презентация материалов [2]
С.А. Ганат	1. Постановка практической проблемы 2. Поиск способа решения проблемы 3. Планирование достижения желаемого результата 4. Практическая реализация проекта, завершение проекта [5]
М.В. Ковальчук	1. Разработка замысла проекта 2. Практическая реализация запланированных действий и получение продукта 3. Представление продукта [4]

Таблица 2. Симметрия дорожных знаков

Виды знаков в разделе (ПДД)	Количество симметричных знаков	
	Осевая симметрия	Центральная симметрия
Предупреждающие знаки		
Знаки приоритета		
Запрещающие знаки		
Предписывающие знаки		
Знаки особых предписаний		

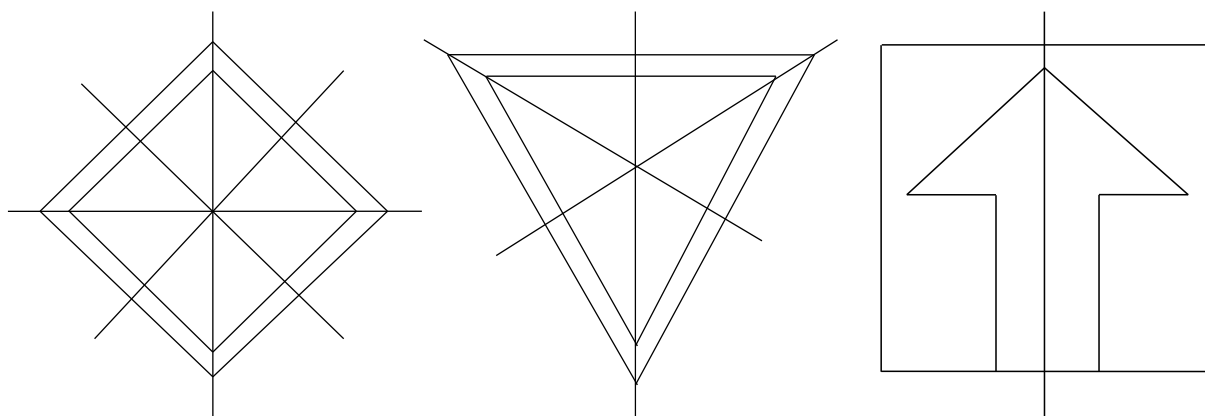


Рис. 1. Знаки, обладающие осевой симметрией

Ученики выясняют, что знак «Главная дорога» (знак приоритета) имеет 4 оси симметрии, знак «Уступи дорогу» (знак приоритета) имеет 3 оси симметрии, знак «Дорога с односторонним движением» (знак особых предписаний) имеет 1 ось симметрии.

Также ученики могут сделать фото знаков в

своем районе и разделить их на группы в зависимости от вида симметрии.

Ученики также выясняют, что дорожные знаки могут быть разной формы, но большинство знаков имеет форму круга (запрещающие знаки, предписывающие знаки), форму треугольника (предупреждающие знаки), форму

Таблица 3. Этапы реализации проекта и виды формируемых УУД

Этапы реализации проекта	Формируемые УУД
Разработка замысла проекта	Познавательные: выдвижение гипотезы; аргументация позиции; анализ информации; интерпретация результатов. Регулятивные: определение темы проекта; постановка цели и задач; составление и корректировка плана. Коммуникативные: формулирование суждений; участие в обсуждении вопросов
Практическая реализация запланированных действий и получение продукта	Познавательные: формулирование вопросов; аргументация позиции; поиск, анализ и систематизация информации; интерпретация результатов; проведение опыта, исследования; формулирование выводов. Регулятивные: самоконтроль, рефлексия; оценка результатов. Коммуникативные: формулирование суждений; участие в обсуждении вопросов
Представление продукта	Познавательные: формулирование вопросов; аргументация позиции; формулирование выводов; интерпретация результатов. Регулятивные: самоконтроль, рефлексия; оценка результатов. Коммуникативные: формулирование суждений; участие в обсуждении вопросов; составление текста выступления; защита проекта

квадрата или прямоугольника (знаки особых предписаний).

В процессе работы ученики делают вывод о том, что большинство знаков обладают симметрией, это делает их более заметными и узнаваемыми для всех участников дорожного движения. Это оказывает влияние на безопасность дорожного движения.

Рассмотрим этапы реализации проекта:

1. Сначала происходит определение темы, цели и задач проекта, поиск путей достижения цели и определение из них наиболее оптимального, составление плана, а также происходит поиск и анализ информации по теме.

2. На втором этапе проводится практическая реализация действий, ученики получают

продукт проекта.

3. На завершающем этапе происходит интерпретация результатов, составление текста выступления, защита проекта [4].

В табл. 3 представлены основные этапы реализации проекта и виды УУД, формирование которых происходит на этих этапах [4].

Предлагаемые ученикам задания повышают мотивацию и показывают прикладную направленность математики. Проектная деятельность создает условия для интегрального формирования различных видов УУД.

Таким образом, задачу формирования УУД учащихся в процессе обучения математике можно реализовать с использованием метода проектов.

Литература

1. Виленкин, Н.Я. Математика: 6-й класс: базовый уровень : учебник; в 2 частях / Н.Я. Виленкин, В.И. Жохов, А.С. Чесноков [и др.]. – М. : Просвещение, 2024. – 160 с.
2. Пахомова, Н.Ю. Метод учебного проекта в образовательном учреждении / Н.Ю. Пахомова. – М. : АРКТИ, 2003. – 112 с.
3. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования : Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920>.
4. Проектная деятельность школьников: Методическое пособие для учителя / Под общей ред. М.В. Ковальчука. – М. : Полиграфический комплекс, 2023. – 28 с.
5. Ганат, С.А. Проектная деятельность школьников. Как успешно представить свой проект и победить в конкурсе : учебно-метод. пособие / С.А. Ганат, А.П. Денисов, И.Ю. Жильцова, Е.В. Масловская. – М. : НИЯУ МИФИ, 2023. – 100 с. – ISBN: 978-5-7262-2927-0. – EDN: DZFSWK.

References

1. Vilenkin, N.YA. Matematika: 6-j klass: bazovij uroven : uchebnik; v 2 chastyakh / N.YA. Vilenkin, V.I. ZHokhov, A.S. CHesnokov [i dr.]. – M. : Prosveshchenie, 2024. – 160 s.
2. Pakhomova, N.YU. Metod uchebnogo proekta v obrazovatelnom uchrezhdenii / N.YU. Pakhomova. – M. : ARKTI, 2003. – 112 s.
3. Ob utverzhdenii federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta osnovnogo obshchego obrazovaniya : Prikaz Ministerstva prosveshcheniya RF ot 31 maya 2021 g. № 287 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920>.
4. Proektnaya deyatel'nost shkolnikov: Metodicheskoe posobie dlya uchitelya / Pod obshchej red. M.V. Kovalchuka. – M. : Poligraficheskij kompleks, 2023. – 28 s.
5. Ganat, S.A. Proektnaya deyatel'nost shkolnikov. Kak uspešno predstavit svoj proekt i pobedit v konkurse : uchebno-metod. posobie / S.A. Ganat, A.P. Denisov, I.YU. ZHiltsova, E.V. Maslovskaya. – M. : NIYAU MIFI, 2023. – 100 s. – ISBN: 978-5-7262-2927-0. – EDN: DZFSWK.

© Н.А. Бакланова, 2026

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КИТАЙСКОГО ПРАЗДНИКА ЦИСИЦЗЕ: ТРАДИЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О БРАКЕ И АНАЛИЗ РОМАНСКОЙ НАРОДНОЙ КУЛЬТУРЫ

ВАН ЦЗЯ, ЛУ ЦЗИНЦЗИН

*Хэйхэский университет,
г. Хэйхэ (Китай)*

Ключевые слова и фразы: Цисицзе; генезис народных обычаев; Волопас и Ткачиха; традиционные концепции брака; сезонные народные обряды.

Аннотация: Целью исследования является определение генезиса, духовного содержания и современного воспитательного потенциала традиционного китайского праздника Цисицзе. Для ее реализации поставлена задача изучить историческую эволюцию, народные обряды и традиционные брачные идеалы праздника на основе древних письменных источников и обосновать возможности применения его культурного наследия в вузовском нравственном воспитании. В работе выдвинута гипотеза, что культура Цисицзе, основанная на трудолюбии, верности и семейной гармонии, способна скорректировать прагматичные взгляды молодежи на любовь и брак и укрепить ее национальную культурную уверенность. В результате исследования описана поэтапная эволюция праздника, раскрыто смысловое наполнение его ключевых обрядов, сопоставлена самобытная восточноазиатская романтика Цисицзе с западной культурой любовных отношений и обоснованы эффективные направления интеграции праздничных традиций в вузовскую воспитательную работу. Полученные результаты дополняют научные исследования традиционных китайских праздников и служат документальной базой для культурного продвижения и совершенствования студенческого идеологического и нравственного воспитания. В исследовании использован комплексный подход, сочетающий теоретические и практические методы.

Эволюция культуры Цисицзе: от древних звездных ритуалов до общенационального праздника любви

История формирования праздника Цисицзе подробно отражена в письменных источниках разных исторических эпох. Ученые традиционно выделяют четыре последовательных этапа его развития, каждый из которых подтверждается подлинными текстовыми свидетельствами древних китайских сочинений. В досиньскую эпоху праздник Цисицзе еще не сформировался. В народной культуре существовали лишь астрономические наблюдения за звездами Волопаса и Ткачихи и простые аграрные молитвенные обряды, при этом любовный миф о небесной паре полностью отсутствовал. Древнейшие упоминания этих звезд сохранились в

сборнике «Шицзин», где они используются как метафора тяжелого повседневного труда человека. Календарные комментарии того периода свидетельствуют, что в седьмой день седьмого лунного месяца жители Китая наблюдали за звездным небом, приносили плодовые подношения и молились об успешном сборе урожая. Именно эти трудовые и астрономические ритуалы стали основой будущего праздника Цисицзе.

В эпоху Западной Хань окончательно сложился известный миф о Волопase и Ткачихе, одновременно появились первые праздничные обычаи. По свидетельству оды Бань Гу, император У установил на озере Куньмин каменные скульптуры звездной пары, закрепив ее персонафицированный образ в национальной культуре. Самая ранняя полная версия легенды со-

хранилась в труде Инь Юня. Согласно этому преданию, Небесный владыка разделил супругов Млечным путем за пренебрежение Ткачихой своим ремеслом, позволяя им встречаться лишь один раз в год на мосту из сорок [1].

В восточную эпоху Хань в трактате «Четыре народных месяцеслова» был зафиксирован известный обычай вывешивания книг и одежды на солнце для защиты от моли. Исторические материалы подтверждают, что эта традиция распространялась как при императорском дворе, так и среди простого населения. Дворцовые женщины сушили одежду на смотровых башнях, а деревенские девушки приносили на дворы плодовые подношения [3], обращаясь к Ткачихе с просьбой об умении рукоделия. Благодаря таким обрядам Цисицзе постепенно утратил исключительно аграрный и астрономический характер, превратившись в праздник, ориентированный в первую очередь на женщин. В период Троецарствия, Северных и Южных династий любовная тематика стала доминирующей в культуре Цисицзе. Как отмечает Цзун Линь в труде «Записи о сезонных обычаях царства Цзиньчу», в праздничную ночь женщины плели цветные нити, соревновались в продевании их через многоканальные иглы и оставляли на дворах плодовые подношения. Появление паутины на плодах считалось благим знаком, предвещающим успех в рукоделии и семейное благополучие.

Эпохи Тан и Сун стали временем активного распространения праздничных традиций благодаря развитию товарной экономики. При императорском дворе проводились торжественные обряды с гаданиями на мастерство, а в городах активно продавали праздничные сладости, цветные нити и тематические сувениры. Поэтические произведения известных литераторов этого периода наполнили праздник глубоким романтическим смыслом верной любви. Для молодежи праздничная ночь стала поводом для наблюдения за звездами и обмена подарками, а идея гармоничного брака заняла центральное место в культуре Цисицзе. В эпоху Мин и Цин система обрядов Цисицзе окончательно сформировалась и распространилась среди разных этнических групп Китая. В последующие годы под влиянием западной культуры традиционные обычаи утратили былую популярность. В настоящее время, в условиях возрождения национальной культуры, праздник вновь приобретает общественную значимость. Он выступает

носителем традиционных семейных ценностей и служит эффективным противовесом поверхностным взглядам на любовь и брак среди современной молодежи [2].

Ключевые народные обряды Цисицзе и их культурное наполнение по древним письменным источникам

Одним из ключевых обрядов праздника Цисицзе является соревнование в продевании цветных ниток через семиотверстную иглу, которое многократно упоминается в древних этнографических и календарных памятниках. В праздничную лунную ночь местные женщины традиционно выполняли данный ритуал. Успешное продевание нити сквозь отверстия иглы считалось благим предзнаменованием, сулящим приобретение высокого мастерства в прядении и вышивке на ближайший год [3].

В условиях традиционного китайского общества прядение и вышивка являлись основными видами повседневной трудовой деятельности женщин, определяя их социальные умения и бытовой статус. Данный праздничный обряд имел не только практическое, но и глубокое символическое значение. Он предоставлял женщинам возможность демонстрировать собственную смекалку и трудовые способности, реализовывать ограниченное самовыражение в рамках принятых общественных норм. В конечном счете этот древний обычай наглядно отражает важнейшие национальные ценности традиционного Китая – глубокое уважение к созидательному труду, природной смекалке и постоянному стремлению женского пола к самостоятельности и самосовершенствованию.

Поклонение двум звездам с плодовыми подношениями: символ верности и совместной жизни в браке

Обряд поклонения звездам Волопаса и Ткачихи с традиционными плодовыми подношениями зародился еще в эпоху правления династии Хань и получил активное распространение и дальнейшее развитие в период Троецарствия. Этот древний ритуал носил четко выраженное социальное и духовное значение для населения. Молодые незамужние девушки обращались к небесным светилам с двумя основными просьбами: об успешном освоении традиционных женских ремесел и о скорой встрече с честным

и верным спутником жизни. Замужние женщины, в свою очередь, совершали подношения с целью молитвы о сохранении мира, взаимопонимания и гармонии в семейных отношениях, а также о всеобщем благополучии рода [3].

Легенда о звездной паре, разделенной бескрайним Млечным путем и имеющей возможность встретиться лишь один раз в году, стала фундаментом для формирования традиционных китайских представлений о настоящей любви и брачном союзе. В центре данной культурной концепции стоят неизменные ценности: искренняя верность, постоянная взаимная поддержка и высокая ответственность перед семьей и партнером. Такой подход кардинально отличается от распространенной западной концепции любовных отношений, которая зачастую строится на мимолетных эмоциях и кратковременных увлечениях [1].

**Взаимное дарение
фигурных сладких печений:
сдержанная традиционная форма
межличностного общения**

Праздничные фигурные сладости появились в эпоху Тан и стали массово распространены в период Сун. Древние источники фиксируют, что местные жители готовили специальные кондитерские изделия с сахаром и медом, формируя их в виде цветов, птиц и образов Волопаса и Ткачихи. После завершения ритуалов люди обменивались сладостями с родными и друзьями [2].

Молодые юноши и девушки дарили друг другу печенье для передачи взаимной симпатии; женщины обменивались сладостями для укрепления дружеских уз. Изображения граната и лотоса несли символ многодетности и благополучия. Обычай отражает характерную для китайской цивилизации манеру выражения чувств – сдержанную, мягкую, реализуемую через символические дары.

**Вывешивание книг и одежды,
выращивание гадательных проростков:
философские идеалы земледелия, учености
и единства с природой**

В древних месяцесловах зафиксировано правило вывешивания в седьмой день седьмого лунного месяца книги и одежду под солнце для

защиты от моли. Образованные люди выставляли письменные свитки, демонстрируя уважение к знаниям и учености. Простые жители замачивали зерна бобов и пшеницы для выращивания гадательных проростков, по форме которых предсказывали будущий успех в рукоделии. Эти простые обычаи объединяют идеалы сельского труда, образованности и бережного отношения к природе [3].

**Три основополагающие составляющие
традиционных концепций брака,
заложенные в культуре Цисицзе**

Первая составляющая традиционной брачной концепции – построение семейного союза на равноправном совместном труде. В мифе Волопас занимается скотоводством, а Ткачиха прялет ткань, их семейные отношения не зависят от социального статуса или материального достатка. Несмотря на сословные ограничения при заключении браков в древнем Китае, народная легенда пропагандирует равноправные партнерские отношения, основанные на взаимной помощи. Данные идеи помогают современным студентам противостоять прагматичному и материалистическому подходу к построению семейных отношений.

Вторая составляющая – верность и долгосрочная ответственность как основа глубоких чувств. Звездная пара на протяжении многих лет разделена Млечным путем, но сохраняет верность друг другу. Легенда о мосте из сорок олицетворяет взаимную поддержку и стойкость чувств в трудных обстоятельствах. В условиях распространения поверхностных кратковременных отношений эта традиционная ценность становится важным воспитательным ресурсом, формируя у молодежи осознанное отношение к любовным и семейным обязательствам.

Третья составляющая – ориентация на семейную гармонию как конечную цель брачных отношений. Классический миф включает образы детей звездной пары, объединяя романтическую любовь, родительские чувства и семейные этические нормы. Для традиционного китайского общества брак является важной частью родовой и социальной системы. Приоритет супружеской гармонии, воспитания детей и семейного благополучия формирует уникальную китайскую модель семейных ценностей [2].

Культура Цисицзе имеет огромное современное воспитательное значение для вузовско-

го идеологического обучения.

Первое направление воспитательного применения – расширение культурной базы для корректировки молодежных взглядов на любовь и брак. Современная молодежь часто ориентируется на западные стандарты романтических отношений, переоценивая кратковременную эмоциональную симпатию и игнорируя долгосрочную семейную ответственность. Изучение древних обрядов и брачных идеалов Цисицзе позволяет на конкретных народных примерах формировать у студентов рациональные и здоровые представления о любовных отношениях.

Второе направление – укрепление национальной культурной уверенности через освоение самобытной восточноазиатской романтики. Долгое время в межкультурном пространстве доминировали западные представления о любви. Китайская традиция Цисицзе, основанная на труде, верности и сдержанном выражении чувств, демонстрирует уникальное национальное культурное своеобразие. Изучение подлинных праздничных традиций помогает молодежи глубже осознать богатство и самобытность родной культуры [2].

Третье направление – формирование практической модели модернизации традиционных праздников. В современных университетах и городах активно возрождаются адаптированные праздничные обряды Цисицзе, проводятся культурные мероприятия и создаются образовательные материалы. Данный опыт успешной актуализации древних традиций может применяться

для сохранения и популяризации других китайских народных праздников [3].

Праздник Цисицзе прошел длительный исторический путь развития от древних астрономических и аграрных ритуалов до многогранного культурного явления, олицетворяющего традиционные восточноазиатские идеалы любви и брака. Основные этапы его становления и особенности народных обрядов достоверно зафиксированы в древнекитайских литературных памятниках. Ключевые традиции праздника отражают важнейшие национальные ценности: равноправный супружеский труд, женскую самостоятельность и приоритет семейной гармонии. Миф о верной любви Волопаса и Ткачихи сформировал классический китайский идеал семейных отношений.

Фундаментом традиционного брака является совместный труд и равноправие супругов, духовным ядром – верность и стойкость чувств, а конечной целью – семейная гармония и благополучие [1].

Глубокое изучение генезиса и духовного наполнения культуры Цисицзе дополняет научные исследования традиционных народных праздников и формирует полноценный культурный ресурс для современного вузовского нравственного и идеологического воспитания. Освоение данного культурного наследия позволяет молодому поколению формировать правильные взгляды на любовь и брак, сохранять преемственность народных традиций и укреплять национальную культурную уверенность.

Статья подготовлена в рамках фундаментального научного проекта бюджетных учреждений высшего образования провинции Хэйлуньцзян (2020 год) «Исследование роли выдающихся традиционных культур Китая в идеологическом и политическом воспитании студентов вузов», номер проекта: 2020-KYYWF-0874.

Литература/References

1. Yuan Ke. A General Study of Chinese Myths / Yuan Ke. – Chengdu : Sichuan People's Publishing House, 2019.
2. Xiao Fang. Seasonal Customs: The Temporal Life of Traditional Chinese People / Xiao Fang. – Beijing : Zhonghua Book Company, 2002.
3. Zong Lin. Records of Jingchu Seasonal Customs / Zong Lin. – Taiyuan : Shanxi People's Publishing House, 2018.

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОБНОГО ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Ю.В. ГРИГОРЬЕВ, К.Н. ФАДЕЕВА

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева»,
г. Чебоксары

Ключевые слова и фразы: единый государственный экзамен; информатика; пробный экзамен; качество образования; педагогическая диагностика; методика преподавания; *LMS Moodle*.

Аннотация: В статье представлены результаты педагогического анализа пробного Единого государственного экзамена по информатике, проведенного на базе педагогического университета. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества предметной подготовки выпускников в условиях цифровой трансформации образования и возрастающей роли компетенций в области информационных технологий. Цель работы – на основе анализа результатов пробного ЕГЭ по информатике классифицировать типичные ошибки учащихся и предложить пути совершенствования учебно-методического обеспечения образовательного процесса. Эмпирическую базу составили результаты тестирования учащихся 11-х классов г. Чебоксары, полученные в среде *LMS Moodle*. В ходе исследования применены методы статистического анализа, классификации ошибок и сравнительной оценки уровней сложности. Научная новизна заключается в дифференциации проблемных зон подготовки по укрупненным тематическим кластерам. Практическая значимость работы состоит в возможности использования выводов для коррекции рабочих программ и повышения квалификации учителей.

Современная система образования активно адаптируется к новым требованиям времени, особое значение приобретает подготовка выпускников школ, способных успешно справляться с различными видами контроля знаний, включая единый государственный экзамен (ЕГЭ). Информатика как предмет занимает важное место в образовательной программе, поскольку уровень владения информационными технологиями становится одним из важнейших условий профессиональной самореализации молодого поколения. При поступлении в большинство вузов России информатика играет ключевую роль для многих направлений подготовки. Она входит в перечень обязательных предметов для поступления на специальности, связанные с информационно-коммуникационными технологиями, программированием, робототехникой и автоматизированными системами управления.

Цель данного исследования – на основе анализа результатов пробного ЕГЭ по информатике классифицировать типичные ошибки учащихся и предложить пути совершенствования учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева». В пробном экзамене приняли участие учащиеся 11-х классов общеобразовательных школ г. Чебоксары.

В Чувашском государственном педагогическом университете им. И.Я. Яковлева ежегодно проводится пробный ЕГЭ по информатике, который позволяет будущим выпускникам проверить свою готовность к официальной процедуре экзамена. Это мероприятие помогает учащимся адаптироваться к формату тестирования, выявить сильные и слабые стороны сво-

ей подготовки, а также получить консультацию опытных преподавателей вуза. Пробный экзамен, проводимый в условиях, максимально приближенных к реальным, выполняет не только тренировочную, но и важную диагностическую функцию. Он позволяет выявить системные пробелы в знаниях на этапе, когда возможна педагогическая коррекция.

Тестирование было реализовано в электронной информационно-образовательной среде на платформе *LMS Moodle*, что обеспечило автоматизацию проверки, минимизацию субъективного фактора и приближение интерфейса к реальному формату КЕГЭ (компьютерного ЕГЭ). Контрольно-измерительные материалы были представлены заданиями открытого типа с ручным вводом ответа (числового или текстового), а также заданиями, требующими анализа прикрепленных файлов (графических, текстовых, программных кодов). Это позволило моделировать полноценную экзаменационную ситуацию.

Рассмотрим контрольно-измерительные материалы (КИМ) Единого государственного экзамена по информатике с точки зрения соответствия изучаемому материалу в рамках школьной программы. Для удобства проведем классификацию заданий ЕГЭ по ключевым направлениям, представленным в содержании школьного курса информатики.

Задания ЕГЭ охватывают широкий спектр важных тем дисциплины, каждая из которых представлена несколькими заданиями различной степени сложности. Так, первая группа включает тему моделирования (задание № 1), вторая посвящена вопросам логики (задания № 2 и № 15), третья охватывает работу с базами данных (задание № 3), четвертая рассматривает вопросы кодирования (задания № 4, № 7 и № 11), пятая направлена на изучение алгоритмов и исполнителей (задания № 5, № 6, № 12, № 16 и № 23), шестая знакомит с системой счисления (задания № 8 и № 14), седьмая представляет обработку таблиц в электронных документах (задания № 9, № 17 и № 18), восьмая проверяет умение искать информацию в файлах (задание № 10), девятая ориентирована на знание компьютерных сетей (задание № 13), десятая касается теории игр (задания № 19–21), наконец, последняя группа проверяет умения программирования (задания № 22, № 24–27). Некоторые задания допускают решение с использованием программных инструментов, на-

пример, задания № 2 и № 15.

Для систематизации данных все задания КИМ были сгруппированы в пять содержательных кластеров, выделенных на основе общности проверяемых видов деятельности и теоретической базы.

1. Измерение количества информации, кодирование и работа с системами счисления. Этот критерий объединяет фундаментальные понятия компьютерной науки, отражающие принципы хранения и передачи данных в двоичном формате. Сюда входят задания № 4, № 7, № 8, № 11 и № 14.

2. Логика, моделирование и теория игр. Эти категории основаны на логических построениях и принципах принятия решений. Они включают задания № 1, № 2, № 15, № 19–21.

3. Электронные таблицы и базы данных. Эта категория объединяет задания, связанные с обработкой больших объемов данных, сортировкой и фильтрацией информации. К ним относятся задания № 9, № 17 и № 18.

4. Алгоритмизация и исполнители. Здесь рассматриваются процессы составления и реализации алгоритмов, используемые различными средствами автоматизации. Категория включает задания № 5, № 6, № 12, № 16 и № 23.

5. Программирование. Задания по программированию направлены на проверку навыков написания кода и понимания принципов работы вычислительной техники. Под данную категорию попадают задания № 22, № 24–27.

Первичный анализ данных показал значительную вариативность результатов в зависимости от уровня сложности заданий. Наибольшие затруднения у выпускников вызвали задачи повышенного и, особенно, высокого уровня сложности. В ходе проведения пробного ЕГЭ по информатике среди учащихся 11-х классов г. Чебоксары Чувашской Республики были получены следующие округленные данные: доля правильных ответов на задания базового (табл. 1), повышенного (табл. 2) и высокого (табл. 3) уровня.

Обработка результатов по выделенным тематическим кластерам позволила построить рейтинг проблемных зон. По каждому кластеру вычислялся средний процент от группы заданий. Например, для первого кластера, включающего задания 4, 7, 8, 11 и 14, средний процент равен $(76 + 52 + 14 + 66 + 38) / 5 = 49$. Результат вычисления по каждому кластеру приведен в табл. 4.

Таблица 1. Доля правильных ответов на задания базового уровня (в %)

№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Процент	83	69	69	76	21	31	52	14	3	76

Таблица 2. Доля правильных ответов на задания повышенного уровня (в %)

№ задания	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Процент	66	31	52	38	45	59	3	21	69	62	52	62	34

Таблица 3. Доля правильных ответов на задания высокого уровня (в %)

№ задания	24	25	26	27
Процент	17	38	0	0

Таблица 4. Распределение набранных баллов по интервалам

Кластер	Доля в %
Измерение количества информации, кодирование и системы счисления	49,0
Логика, моделирование и теория игр	63,2
Электронные таблицы и базы данных	24,1
Алгоритмизация и исполнители	35,2
Программирование	24,1

Полученные данные свидетельствуют о выраженном дисбалансе в подготовке. Относительно высокий результат в кластере «Логика, моделирование и теория игр» (63,2 %) обеспечивается, прежде всего, за счет успешного решения заданий на теорию игр (№ 19–21), алгоритм решения которых хорошо формализован и часто отрабатывается на факультативах. Однако успешность формально-логических операций не подкреплена практическими навыками работы с данными и алгоритмическим мышлением.

Критически низкие показатели в кластерах «Электронные таблицы и базы данных» и «Программирование» (по 24,1 %) требуют особого внимания. Рассмотрим причины низких показателей подробнее.

1. Сложность интеграции знаний. Задания по электронным таблицам (№ 9, 17, 18) требуют не просто знания интерфейса, а умения строить сложные вычислительные модели, использовать абсолютную и относительную адресацию, при-

менять логические функции и фильтры в нестандартных ситуациях. В школьной практике изучение этих тем часто носит фрагментарный характер.

2. Дефицит алгоритмического мышления. Раздел «Программирование» продемонстрировал наиболее удручающие результаты: нулевой процент выполнения заданий № 26 и 27. Это задачи на написание эффективного кода и обработку больших массивов данных. Нулевой результат (0 %) по этим позициям указывает на то, что учащиеся либо не приступали к решению, либо их решения не соответствовали критериям даже на частичное зачение. Это говорит о системной проблеме в освоении программирования как вида деятельности, а не просто как набора синтаксических конструкций. Учащиеся не владеют методами оптимизации перебора, динамического программирования и обработки файловых структур на необходимом уровне.

3. Проблемы с комбинаторикой и системами счисления. Относительно невысокий результат в кластере «Информация и кодирование» (49 %) во многом обусловлен провальным выполнением задания № 8 (14 % правильных ответов). Задание № 8 традиционно проверяет знание комбинаторики и систем счисления, что указывает на слабую математическую базу части учащихся применительно к информатике.

Выявленные проблемные зоны носят системный характер и не могут быть преодолены простым натаскиванием на решение типовых задач. Требуется пересмотр методических подходов к преподаванию информатики на старшей ступени школы. На основе проведенного анализа предлагаются следующие направления оптимизации учебно-методического сопровождения.

1. Усиление практико-ориентированного компонента в обучении программированию. Необходимо сместить акцент с изучения синтаксиса на решение задач, требующих разработки собственного алгоритма. Эффективным инструментом может стать внедрение в учебный процесс автоматизированных систем проверки кода (тестирующих систем), аналогичных тем, что используются на олимпиадах и в *LMS Moodle*. Это позволит учащимся получать мгновенную обратную связь и отрабатывать навыки отладки программ.

2. Интеграция тем «Электронные таблицы» и «Базы данных» в проектную деятельность. Вместо изолированного изучения функций, целесообразно давать учащимся комплексные кейсы: обработка реального массива данных (например, статистических данных), построение прогнозов, визуализация результатов. Это повысит мотивацию и покажет прикладной характер инструментов.

3. Развитие метапредметных связей с математикой. Для успешного решения задач на измерение информации, системы счисления и комбинаторику (задание № 8) необходимо усилить межпредметную интеграцию. Учителям информатики следует целенаправленно актуализировать математические знания учащихся,

особенно в разделах «Комбинаторика» и «Теория вероятностей».

4. Индивидуализация образовательных траекторий. Данные пробного экзамена, полученные в *LMS*, позволяют построить индивидуальный профиль затруднений каждого ученика. Это дает возможность перейти от фронтальной работы к персонализированным рекомендациям и подбору задач для самостоятельной работы.

5. Повышение квалификации учителей в области методики решения задач высокого уровня сложности. Организация стажировок и семинаров на базе вузов (в частности, ЧГПУ им. И.Я. Яковлева) с разбором методов решения заданий № 26–27 (программирование) и № 17–18 (анализ данных в электронных таблицах) позволит транслировать актуальные методики непосредственно в школьную практику.

Предлагаемые рекомендации позволят качественно повысить уровень подготовки выпускников и обеспечить эффективное освоение ими необходимого объема знаний и навыков для успешной сдачи ЕГЭ по информатике.

Проведенный анализ результатов пробного ЕГЭ по информатике выявил существенные резервы для повышения качества подготовки выпускников. Главной проблемой является недостаток знаний по отдельным темам, а несформированность комплексных навыков: алгоритмического мышления, работы с большими массивами данных и применения математического аппарата к решению прикладных задач. Преодоление этих проблем возможно только при системном подходе, сочетающем обновление методик преподавания, активное использование цифровых инструментов диагностики (*LMS Moodle*) и укрепление связей «школа – вуз». Предложенные рекомендации направлены на трансформацию процесса обучения от репродуктивного к продуктивному, исследовательскому, что в конечном итоге обеспечит не только успешную сдачу ЕГЭ, но и формирование конкурентоспособных цифровых компетенций у будущих специалистов.

Литература

1. Герасимова, А.Г. Учебно-методическое обеспечение для формирования информационной культуры студентов педагогических направлений / А.Г. Герасимова, К.Н. Фадеева // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 3(186). – С. 110–113. – EDN: MSOJAS.
2. Григорьев, Ю.В. Анализ результатов пробного единого государственного экзамена по информатике / Ю.В. Григорьев, К.Н. Фадеева, С.Я. Санжикова // Вестник науки. – 2023. –

№ 10(67). – С. 177–182. – EDN: YBKKNM.

3. Ахмадов, Н.А. Анализ результатов ЕГЭ на основе типичных ошибок / Н.А. Ахмадов, И.М. Шабазов, А.С. Дадашова, П.Л. Нурмахаджиева, М.З. Исаева // Современное педагогическое образование. – 2018. – № 5. – С. 158–162. – EDN: YTYAPR.

References

1. Gerasimova, A.G. Uchebno-metodicheskoe obespechenie dlya formirovaniya informatsionnoj kultury studentov pedagogicheskikh napravlenij / A.G. Gerasimova, K.N. Fadeeva // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 3(186). – С. 110–113. – EDN: MSOJAS.

2. Grigorev, YU.V. Analiz rezultatov probnogo edinogo gosudarstvennogo ekzamena po informatike / YU.V. Grigorev, K.N. Fadeeva, S.YA. Sanzhikova // Vestnik nauki. – 2023. – № 10(67). – С. 177–182. – EDN: YBKKNM.

3. Akhmadov, N.A. Analiz rezultatov EGE na osnove tipichnykh oshibok / N.A. Akhmadov, I.M. SHabazov, A.S. Dadashova, P.L. Nurmakhadzhieva, M.Z. Isaeva // Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie. – 2018. – № 5. – С. 158–162. – EDN: YTYAPR.

© Ю.В. Григорьев, К.Н. Фадеева, 2026

СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА ЮНОШЕЙ 18–22 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТИВНЫМ ТУРИЗМОМ, В СОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ МЕЗОЦИКЛЕ

С.А. ЗАГУЗОВА, А.С. СТРЕКАЛОВ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»,
г. Тамбов

Ключевые слова и фразы: спортивный туризм; туристическая дистанция «Слалом»; специальная физическая подготовка; юноши.

Аннотация: В статье исследовался вопрос совершенствования специальной подготовки спортсменов-туристов в возрасте 18–22 лет в соревновательном мезоцикле. Мы знаем, что спортивный туризм способствует развитию всех физических качеств, но в большей степени специальной выносливости, силы и координации движений. Изучение и составление программы специальной подготовки, учитывая специфику спортивной дисциплины, позволит раскрыть механизмы формирования этих качеств у юношей. Особое значение специальная подготовка приобретает в условиях соревновательной деятельности. В этих условиях успех выступления напрямую зависит от качества подготовки спортсменов-туристов в соревновательном мезоцикле. Именно этот период является ключевым для подведения спортсмена к пику формы, отработки тактических схем и технических связок в режиме, максимально приближенном к соревновательным условиям. Гипотеза исследования заключалась в предположении, что разработанная программа специальной подготовки юношей в возрасте 18–22 лет, занимающихся спортивным туризмом, улучшит их специальную подготовленность в конкретной дисциплине «Слалом».

Цель исследования – совершенствование специальной подготовки юношей в возрасте 18–22 лет, занимающихся спортивным туризмом, в дисциплине «Слалом».

Основными методами научного познания, которые мы использовали в ходе исследования, являлись: логическая обработка научно-методического материала; педагогическое наблюдение; педагогический эксперимент; педагогическое тестирование; беседы с тренерами и спортсменами.

Достигнутые результаты: на основе проведенного экспериментального исследования в статье представлены основные положения программы специальной подготовки спортсменов-туристов, готовящихся к соревнованиям на туристической дистанции «Слалом», а также выводы о целесообразности использования данной программы с юношами 18–22 лет.

Анализ существующей научно-методической литературы и практики тренировочного процесса показывает, что, несмотря на обилие общих программ по спортивному туризму, наблюдается явный дефицит узкоспециализированных разработок, ориентированных именно на подготовку возрастной группы юношей 18–22 лет в соревновательном мезоцикле. К тому же здесь надо понимать, что юноши 18–22 лет представляют собой специфический контингент: это, как правило, студенты вузов или молодые специалисты, чей тренировочный процесс часто ограничен жесткими временными

рамками, и это требует высокой интенсификации занятий и максимальной эффективности каждой тренировки. Кроме того, физиологические и психологические особенности данного возраста (завершение формирования организма, высокая адаптация к нагрузкам, склонность к риску) требуют строго дозированного и научно обоснованного подхода к планированию тренировочного процесса. Перед нами стояла задача разработать такую программу, где особое внимание уделить ключевым особенностям в специфике выбранного нами вида дистанции.

Для того, чтобы разработать программу

Таблица 1. Структура соревновательного мезоцикла (на 8 недель)

Части мезоцикла	Недели	Доминирующая энергосистема	Задачи
Подготовительно-соревновательный (втягивающий)	1–2	Аэробная, анаэробная, алактатная	Восстановление техники слаломного гребка, адаптация связок к взрывной работе
Специально-соревновательный (развивающий)	3–6	Анаэробно-гликолитическая	Максимальное развитие скоростной выносливости, имитация прохождения дистанции 2–3 раза подряд
Пиковый (реализационный)	7–8	Алактатная, нервно-мышечная	Тейпирование (снижение объема), повышение мощности и «взрывной» реакции на воротах

Таблица 2. Общий объем видов подготовки в спортивном туризме по часам для юношей 18–22 лет

Показатель	Количество часов
ОФП	17,4 ч
СФП	15,3 ч
ТТП	19,7 ч
Психологическая подготовка	4,0 ч
Общее время	56,4 ч

тренировок для юношей 18–22 лет, занимающихся спортивным туризмом, необходимо понимать специфику соревнований, к которым будет осуществляться подготовка спортсмена. Дистанция водная «Слалом» – это отрезок водного участка, на всем протяжении которого развешены ворота, которые надо пройти либо по течению, либо против течения. Вместе с тем водные участки выбираются специально, чтобы они были с достаточно быстрым течением и в идеале с несколькими поворотами. Чем больше течение, количество и резкость поворотов, класс дистанции и от него зависящая длина и численность ворот, тем интереснее и сложнее участникам.

Разработка программы специальной подготовки для спортсменов-туристов 18–22 лет в соревновательном мезоцикле позволит оптимизировать тренировочный процесс, повысить эффективность таких тренировок и улучшить результаты участия их в соревнованиях, выявить и предотвратить несчастные случаи, возможные травмы и переутомления.

Особое значение специальная подготовка в любом виде спорта приобретает в условиях соревновательной деятельности [2]. Современные соревнования по спортивному туризму

предъявляют экстремально высокие требования к спортсменам. Дистанции усложняются, технические этапы требуют филигранной отработки каждого технического этапа, а конкуренция между командами растет. В этих условиях успех выступления напрямую зависит от качества подготовки туристов в соревновательном мезоцикле [3]. Именно этот период является ключевым для подведения спортсмена к пиковой форме, отработки тактических схем и технических связок в режиме, максимально приближенном к соревновательным условиям [7].

В исследовании нам предстояло разработать программу тренировочного процесса на 8 недель перед соревнованиями, где основной упор должен идти на совершенствование техники, тактики и скоростно-силовых показателей, а также на тренировки в реальных условиях с соревновательным аспектом. Также программа должна способствовать развитию скоростных способностей и гибкости [1; 4–6].

Структура соревновательного мезоцикла представлена в табл. 1.

Стоит отметить, что основные тренировки должны проходить на воде, а в спортивном зале – общая физическая подготовка (ОФП) и некоторые виды упражнений специальной фи-

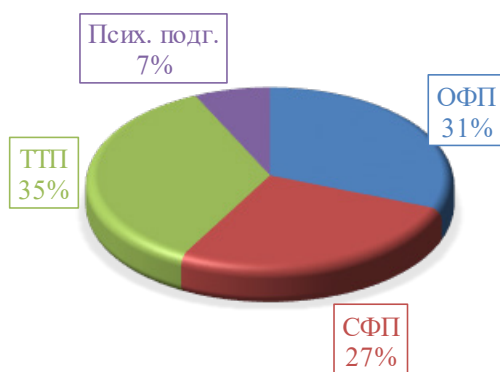


Рис. 1. Процентное соотношение видов спортивной подготовки

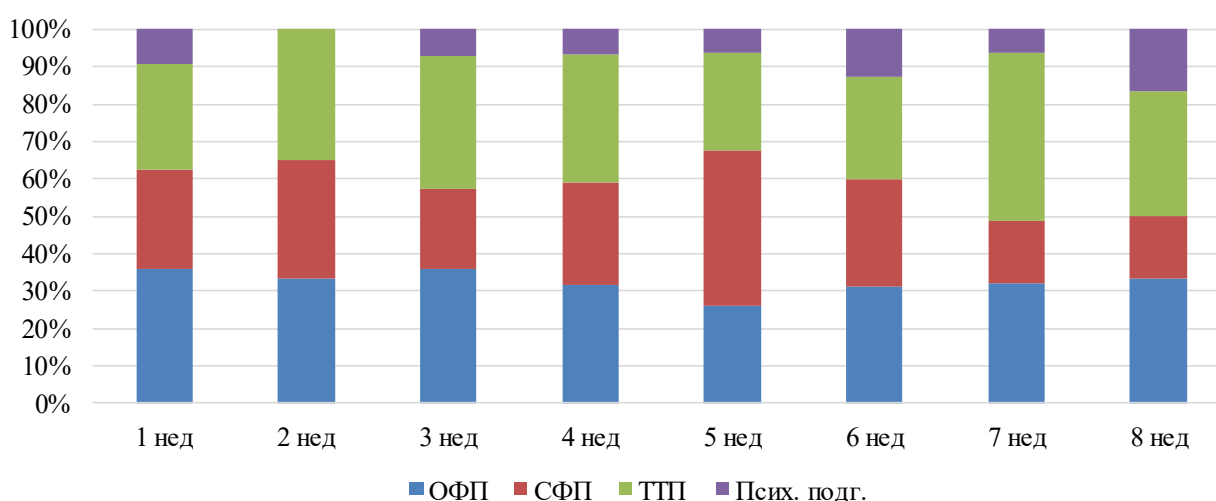


Рис. 2. Объем нагрузок по видам спортивной подготовки (часов по неделям)

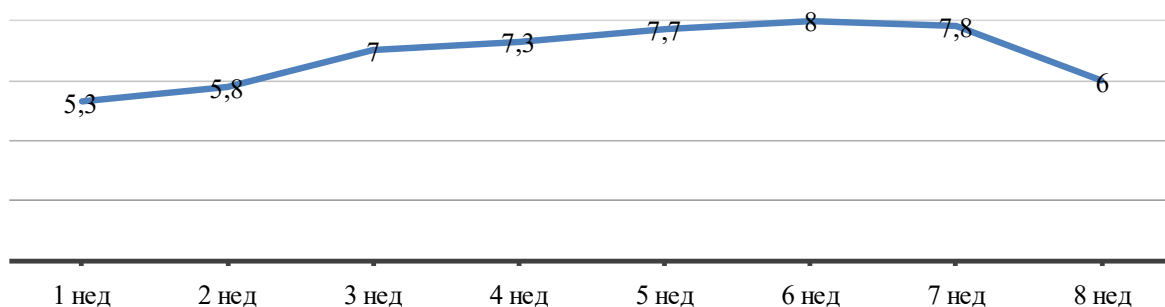


Рис. 3. Общая нагрузка по неделям (часы)

зической подготовки (СФП).

Далее представлены показатели нагрузок во время тренировочного процесса по разработанной нами программе подготовки. Больше всего времени занимает ТПП – 19,7 ч, что

составляет 37 % от общего объема нагрузок. Далее идет ОФП – 17,4 ч (31 %) и СФП 15,3 ч (27 %), а психологическая подготовка занимает 4 ч (7 %) (табл. 2 и рис. 1).

Из данных графиков можно заметить, что

Таблица 3. Изменения показателей функционального состояния спортсменов-туристов 18–22 лет экспериментальной и контрольной групп

Тесты	Испытуемые	Начало соревновательного мезоцикла	Конец соревновательного мезоцикла
Индекс Гарвардского степ-теста	ЭГ ($n = 6$) КГ ($n = 6$)	$68,2 \pm 3,1$ $68,5 \pm 3,4$	$83,5 \pm 2,5$ $69,5 \pm 3,1$
Индекс пробы Руфье–Диксона	ЭГ ($n = 6$) КГ ($n = 6$)	$9,2 \pm 1,3$ $9,1 \pm 1,2$	$5,5 \pm 0,8$ $8,9 \pm 1,0$

Таблица 4. Опросник Б.Дж. Кретти «Оценка спортсменом условий эффективной тренировки»

Этап	Средний балл	Оценка
В начале эксперимента	$61,1 \pm 5,2$	Умеренная удовлетворенность
В конце эксперимента	$84,5 \pm 3,1$	Высокая удовлетворенность

отмечается плавный старт тренировочного процесса и в пике доходит до 8 часов занятий на 6 неделе, что является самым оптимальным вариантом при подготовке к соревнованиям, когда организму надо еще восстановиться для демонстрации лучших результатов (рис. 2 и 3).

Специальная физическая и технико-тактическая подготовка (ТТП) занимают более 60 % от общего объема нагрузок, что свидетельствует о наличии наибольшего акцента в тренировках именно на специфику избранного вида спортивного туризма – «Слалом», и это позволяет организму спортсмена адаптироваться к предстоящим соревнованиям [5].

Для проверки экспериментальной программы подготовки спортсменов-туристов 18–22 лет были отобраны две группы: экспериментальная (ЭГ) в составе 6 человек, которая занималась по разработанной программе, и контрольная (КГ) – 6 человек, которая занималась по программе спортивной школы по виду спорта «Спортивный туризм». Ниже представлены результаты тестов и опросов, которые мы проводили в начале и в конце исследования.

Также использовали опросник Б. Дж. Кретти для оценки удовлетворенности спортсменов-туристов 18–22 лет тренировочным процессом, благодаря которому выявили, что у экспериментальной группы к концу эксперимента отмечается высокий уровень удовлетворенности (табл. 4).

Далее мы тестировали исследуемых спортсменов, используя нормативы ОФП и СФП для

зачисления и перевода на этап совершенствования спортивного мастерства по виду спорта «спортивный туризм» (табл. 5 и 6).

Экспериментальная группа туристов показала достоверное улучшение результатов по всем тестам ($p < 0,001$). Наибольший прирост в ЭГ отмечен в тестах:

- наклон вперед из положения стоя (+225 %);
- подтягивания на высокой перекладине (+70,1 %);
- подтягивания на низкой перекладине (+48,9 %);
- сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу (+39,6 %).

Данные показатели свидетельствуют в первую очередь об улучшении силовых показателей мышц рук, спины и верхней части тела.

Бег 2000 м улучшился на 5,58 % ($p < 0,001$), что подтверждает улучшение общей выносливости спортсменов.

Как видно в табл. 6, в контрольной группе наблюдается меньший прирост результатов в тестах и не отмечается статистически значимых изменений ($p > 0,05$ во всех тестах).

Анализ полученных в ходе исследования результатов подтвердил эффективность разработанной нами программы для юношей 18–22 лет, занимающихся спортивным туризмом, приоритетом которой было развитие скоростно-силовой подготовленности мышц верхней части тела спортсменов-туристов, занимающихся в дисциплине «Слалом» по предложенной про-

Таблица 5. Результаты тестирования экспериментальной группы ($n = 6$)

№	Тест	Исходные результаты	Конечные результаты	Значимость разницы		Прирост, %
		$M + SD$	$M + SD$	t	P	
1	Бег на 60 м, с	$9,08 \pm 0,18$	$8,61 \pm 0,20$	7,52	$< 0,001$	5,18
2	Бег на 2000 м, с	$556,0 \pm 4,6$	$525,0 \pm 3,9$	11,24	$< 0,001$	5,58
3	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз	$28,8 \pm 3,3$	$40,2 \pm 3,9$	11,05	$< 0,001$	39,6
4	Наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье, см	$2,0 \pm 1,4$	$6,5 \pm 1,9$	7,33	$< 0,001$	225
5	Прыжок в длину с места толчком двумя ногами, см	$219,2 \pm 6,8$	$240,5 \pm 8,2$	12,38	$< 0,001$	9,7
6	Подтягивания из виса на высокой перекладине, кол-во раз	$8,7 \pm 2,1$	$14,8 \pm 2,9$	8,92	$< 0,001$	70,1
7	Подтягивания из виса лежа на низкой перекладине 90 см, кол-во раз	$18,8 \pm 3,2$	$28,0 \pm 4,1$	9,45	$< 0,001$	48,9
8	Челночный бег 3×10 , с	$8,41 \pm 0,13$	$8,05 \pm 0,13$	9,17	$< 0,001$	4,28

Таблица 6. Результаты тестирования контрольной группы ($n = 6$)

№	Тест	Исходные результаты	Конечные результаты	Значимость разницы		Прирост, %
		$M+SD$	$M+SD$	t	P	
1	Бег на 60 м, с	$9,07 \pm 0,15$	$9,02 \pm 0,15$	1,42	0,214	0,55
2	Бег на 2000 м, с	$557,2 \pm 3,9$	$554,3 \pm 3,7$	1,68	0,154	0,52
3	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз	$27,8 \pm 3,3$	$29,0 \pm 3,3$	2,05	0,095	4,3
4	Наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье, см	$2,0 \pm 1,4$	$3,0 \pm 1,4$	2,19	0,080	50
5	Прыжок в длину с места толчком двумя ногами, см	$220,7 \pm 7,2$	$222,5 \pm 7,4$	1,61	0,168	0,8
6	Подтягивания из виса на высокой перекладине, кол-во раз	$8,5 \pm 1,9$	$8,8 \pm 2,0$	1,15	0,303	3,5
7	Подтягивания из виса лежа на низкой перекладине 90 см, кол-во раз	$18,8 \pm 2,9$	$19,8 \pm 2,8$	1,62	0,167	5,3
8	Челночный бег 3×10 , с	$8,40 \pm 0,13$	$8,37 \pm 0,13$	1,75	0,141	0,36

грамме.

Таким образом, мы можем утверждать, что предложенная программа подготовки полностью соответствует поставленным задачам и

способствует развитию тех показателей, которые нужны спортсменам-туристам для того, чтобы показать хорошие результаты на соревнованиях на дистанции «Слалом».

Литература

1. Евграфов, И.Е. Программа физической подготовки с элементами спортивного туризма для

студентов направления подготовки «Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм» / И.Е. Евграфов, С.С. Аганов // *Культура физическая и здоровье*. – 2025. – № 3(95). – С. 53–60. – DOI: 10.47438/1999-3455_2025_3_53. – EDN: MQOUJC.

2. Загузова, С.А. Альтернативное физическое воспитание детей в школе / С.А. Загузова, А.А. Козлов // *Перспективы науки*. – Тамбов : ТМБпринт. – 2018. – № 1(100). – С. 43–47. – EDN: YVQWKP.

3. Ищенко, Е.Б. Спортивная подготовка в туристском многоборье / Е.Б. Ищенко // *Образование. Наука. Инновации: Южное измерение*. – 2013. – № 5(31). – С. 87–95. – EDN: TBDOHF.

4. Максименко, В.А. Развитие скоростной выносливости в спортивном туризме у студентов / В.А. Максименко // *Социально-педагогические вопросы образования и воспитания : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции*. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 244–245. – EDN: CLCXIB.

5. Сватко, Д.В. Специальная подготовка в спортивном туризме юношей 16–17 лет, обучающихся по дополнительной образовательной программе в школе / Д.В. Сватко // *Актуальные вопросы современной науки и образования : Сборник статей LII Международной научно-практической конференции*, Пенза, 2025. – С. 179–181. – EDN: OLWFXF.

6. Семенов, Е.С. Экспериментальное обоснование программы физической и технической подготовки спортсменов-туристов по специальности «туризм спортивный» / Е.С. Семенов // *Мир спорта*. – 2024. – № 2(95). – С. 95–99. – EDN: GAUMBN.

7. Стрекалов, А.С. Специальная физическая подготовка юных волейболистов в системе спортивных школ (на примере Тамбовской области) / А.С. Стрекалов, М.Ю. Богданов // *Перспективы науки*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 11(194). – С. 183–187. – EDN: MTZAXH.

References

1. Evgrafov, I.E. Programma fizicheskoy podgotovki s elementami sportivnogo turizma dlya studentov napravleniya podgotovki «Rekreatsiya i sportivno-ozdorovitel'nyj turizm» / I.E. Evgrafov, S.S. Aganov // *Kultura fizicheskaya i zdorove*. – 2025. – № 3(95). – S. 53–60. – DOI: 10.47438/1999-3455_2025_3_53. – EDN: MQOUJC.

2. Zaguzova, S.A. Alternativnoe fizicheskoe vospitanie detej v shkole / S.A. Zaguzova, A.A. Kozlov // *Perspektivy nauki*. – Tambov : TMBprint. – 2018. – № 1(100). – S. 43–47. – EDN: YVQWKP.

3. Ishchenko, E.B. Sportivnaya podgotovka v turistskom mnogobore / E.B. Ishchenko // *Obrazovanie. Nauka. Innovatsii: YUzhnoe izmerenie*. – 2013. – № 5(31). – S. 87–95. – EDN: TBDOHF.

4. Maksimenko, V.A. Razvitie skorostnoj vynoslivosti v sportivnom turizme u studentov / V.A. Maksimenko // *Sotsialno-pedagogicheskie voprosy obrazovaniya i vospitaniya : Materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*. – Cheboksary : Sreda, 2024. – S. 244–245. – EDN: CLCXIB.

5. Svatko, D.V. Spetsialnaya podgotovka v sportivnom turizme yunoshej 16–17 let, obuchayushchikhsya po dopolnitelnoj obrazovatelnoj programme v shkole / D.V. Svatko // *Aktualnye voprosy sovremennoj nauki i obrazovaniya : Sbornik statej LII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Penza, 2025. – S. 179–181. – EDN: OLWFXF.

6. Semenov, E.S. Eksperimentalnoe obosnovanie programmy fizicheskoy i tekhnicheskoy podgotovki sportsmenov-turistov po spetsialnosti «turizm sportivnij» / E.S. Semenov // *Mir sporta*. – 2024. – № 2(95). – S. 95–99. – EDN: GAUMBN.

7. Strekalov, A.S. Spetsialnaya fizicheskaya podgotovka yunikh volejbolistov v sisteme sportivnykh shkol (na primere Tambovskoj oblasti) / A.S. Strekalov, M.YU. Bogdanov // *Perspektivy nauki*. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 11(194). – S. 183–187. – EDN: MTZAXH.

© С.А. Загузова, А.С. Стрекалов, 2026

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ СО СТУДЕНТАМИ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА, ИМЕЮЩИМИ ОТКЛОНЕНИЯ В СОСТОЯНИИ ЗДОРОВЬЯ

Л.А. КУЧКОВА, А.Ю. ШРЕДЕР, Н.С. КУЗНЕЦОВА, А.Г. УШАКОВ

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет»,
г. Омск

Ключевые слова и фразы: физическая культура; двигательная активность; физические упражнения; упражнения ЛФК; специальная медицинская группа.

Аннотация: В настоящее время увеличивается процент студентов с отклонениями в состоянии здоровья. Актуальной является проблема организации и проведения занятий с обучающимися, разделенными на медицинские группы, а также освобожденными по состоянию здоровья от основных занятий по физической культуре, также в данной статье рассматриваются формы и методы проведения занятий. Целью работы является анализ данных медицинского осмотра и определение уровня физической подготовленности студентов медицинского вуза. На основе данных медицинского осмотра составлены методические рекомендации к занятиям физической культурой для обучающихся, отнесенных по состоянию здоровья к специальной медицинской группе. Предполагается, что полученные данные могут быть использованы на занятиях физической культурой со студентами, отнесенными по состоянию здоровья к специальной медицинской группе в вузе. Для обучающихся, освобожденных по состоянию здоровья от основных занятий по физической культуре, занятия строятся с выбором индивидуальной оздоровительной направленности. В работе были использованы следующие методы исследования: анализ данных медицинского осмотра обучающихся Омского Государственного медицинского университета, анализ научных литературных источников.

По статистическим данным медицинского осмотра, в вузе на 2025–2026 учебный год у 25 % обучающихся – специальная медицинская группа, 10 % освобождены от занятий физической культурой, у 25 % – подготовительная медицинская группа, 40 % обучающихся полностью здоровы и не имеют медицинских противопоказаний для занятий в основной медицинской группе. Причины, вызывающие ряд заболеваний, могут быть обусловлены низкой двигательной активностью в течение дня, ростом заболеваний эндокринной системы и зрительного анализатора, что является серьезной проблемой в современных реалиях [8].

По данным ВОЗ, состояние здоровья студентов – это не только показатель существующего социально-экономического и общественного развития страны, но и показатель

будущего трудового, экономического, культурного развития общества. По имеющимся данным, количество студентов с различного рода заболеваниями составляют примерно 60 %, из них хронические заболевания имеют около 30 %, имеют избыточный вес, и проблемы с опорно-двигательным аппаратом наблюдаются у 30 %. Увеличивается рост числа студентов, занимающихся физической культурой в специальных медицинских группах [6].

Дисциплина «Физическая культура» в настоящее время является обязательной в образовательных программах медицинских вузов. Физическое воспитание в вузе формирует у студентов мотивацию, помогает поддерживать высокую работоспособность, способствует корректровке незначительных отклонений в физическом развитии.

В Федеральном государственном образовательном стандарте Российской Федерации физическая культура представлена в высших учебных заведениях как учебная дисциплина и важнейший компонент целостного развития личности. Ежегодно в вузы поступает определенный процент студентов с отклонениями в состоянии здоровья. Обучение в медицинском университете характеризуется овладением большого объема информации, что может отрицательно сказываться на психоэмоциональном и физическом состоянии студентов. Процент студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья, к сожалению, увеличивается [1]. Низкая двигательная активность оказывает отрицательное влияние на здоровье студенческой молодежи. Занятия физической культурой способствуют профилактике различного рода заболеваний и поддержанию здорового образа жизни будущих специалистов [4].

Обеспечение должного уровня физической подготовки студентов является одной из важных задач в системе высшего образования. Кафедры физической культуры в соответствии с учебными планами и государственными образовательными стандартами несут ответственность за организацию и проведение занятий [3]. Процесс обучения строится, принимая во внимание состояние здоровья и уровень физической подготовленности каждого студента, а также специфику его будущей профессиональной деятельности [2].

Кафедрой физической культуры ОмГМУ проводится работа со студентами, освобожденными от практических занятий. Занятия проводятся в теоретическом плане и в форме лечебной физической культуры в объеме двух часов в неделю. Обучающиеся принимают участие в судействе соревнований, составлении комплексов по ЛФК, связанных со спецификой своего заболевания, также принимают участие в учебно-исследовательской работе кафедры физической культуры, участвуют в научных конференциях, проводимых кафедрой физической культуры ОмГМУ и другими учебными заведениями г. Омска и медицинскими вузами России.

Занятия по лечебной физической культуре содержат комплексы упражнений, направленные на общее укрепление здоровья. Для оценки объективных и субъективных показателей, а также физического развития занимающиеся ведут дневник самоконтроля, где фиксируют наблюдения за своим состоянием здоровья с

целью подбора оптимальной допустимой нагрузки при выполнении упражнений. Обучающиеся с медицинскими противопоказаниями получают рекомендации по допустимым и запрещенным видам физической активности, а также по использованию наиболее рациональных средств физической культуры. Физические нагрузки должны соответствовать физическому развитию, возрасту и полу занимающегося. В день занятий физические нагрузки должны быть адекватны текущему состоянию, настроению, желанию тренироваться и не должны превышать возможности занимающегося.

Занятия строятся таким образом: 1 раз в неделю под наблюдением преподавателя физической культуры, 2–3 раза в неделю занятия лечебной физической культурой самостоятельно.

Физическая культура в профессиональной подготовке врача играет большую роль, позволяющую эффективно формировать необходимые будущему врачу прикладные умения, навыки и основы здорового образа жизни [5].

Одной из форм работы со студентами, освобожденными от практических занятий по физической культуре, является научно-исследовательская. Основными задачами НИРС студентов в вузе являются: пропаганда науки в студенческой среде, повышение интереса к научной деятельности, выявление одаренных студентов, вовлечение занимающихся в научные исследования в учебном процессе, отбор кандидатов для поступления в аспирантуру. Виды учебно-научно-исследовательской деятельности в вузе: реферативный, экспериментально-исследовательский, проектно-поисковый.

Занятия физической культурой для обучающихся, которые освобождены от основных занятий по физической культуре построены с выбором оздоровительной направленности и способствуют повышению уровня теоретических знаний, стимулируют интерес к занятиям физической культурой, повышают адаптационные возможности организма, способствуют формированию осознанного отношения к самооценке и своим силам [7].

Обучающимся, отнесенным по результатам медицинского осмотра к специальной медицинской группе, рекомендуется один раз в неделю заниматься в группах совместно с преподавателем физической культуры, а также заниматься самостоятельно лечебной физической культурой 2–3 раза в неделю дома.

Для обучающихся, которые освобождены

ны по состоянию здоровья от основных занятий по физической культуре, занятия строятся с выбором индивидуальной оздоровительной

направленности, тем самым способствуя формированию осознанного отношения к самосовершенствованию и своим силам.

Литература

1. Борисов, Н.А. Организация занятий физической культурой со студентами специальных медицинских групп в вузе / Н.А. Борисов, В.А. Кузнецов, О.А. Мусин // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – № 89-3. – С. 63–66. – EDN: GQMKDB.
2. Золотарева, Е.Н. Организационно-методические основы занятий физической культурой со студентами, имеющими отклонения в состоянии здоровья / Е.Н. Золотарева // Теоретические и практические проблемы физической культуры и спорта: пути развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 65-летию факультета физической культуры и спорта БГПУ, Благовещенск, 08 ноября 2018 года / Под общ. ред. О.В. Юречко. – Благовещенск : Благовещенский государственный педагогический университет, 2018. – С. 93–103.
3. Иванова, Н.Л. Занятия физической культурой в специальных медицинских группах школ и вузов / Н.Л. Иванова. – М., 2012. – С. 74.
4. Кучкова, Л.А. Сравнительный анализ соблюдения принципов здорового образа жизни российскими и иностранными студентами медицинского вуза / Л.А. Кучкова, А.Ю. Шредер, Н.С. Кузнецова, А.Г. Ушаков // Обзор педагогических исследований. – 2025. – Т. 7. – № 7. – С. 256–261. – EDN: SRSFNG.
5. Кучкова, Л.А. Олимпийские ценности в понимании российских и иностранных студентов / Л.А. Кучкова, А.Ю. Шредер, Н.С. Кузнецова, Ю.В. Васильев // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2026. – Т. 1. – № 2(179). – С. 136–139. – EDN: LGWXNV.
6. Мандриков, В.Б. Организационно-методическое обеспечение учебного процесса по физической культуре в специальном учебном отделении медицинских и фармацевтических вузов / В.Б. Мандриков, М.П. Мишулина, И.А. Ушакова, В.О. Аристакесян, Н.В. Замятина. – Волгоград, 2013. – С. 336.
7. Резенькова, О.В. Физическая культура студентов специальных медицинских групп / О.В. Резенькова, И.Е. Шаталова, Л.Б. Лукина. – Киров, 2013. – С. 54.
8. Шредер, А.Ю. Применение принципов ЗОЖ у студентов медицинского вуза / А.Ю. Шредер, М.Х. Спатаева, А.С. Кайсин, Л.А. Кучкова, Д.А. Якубович, А.В. Нечаев // Обзор педагогических исследований. – 2024. – Т. 6. – № 6. – С. 123–128. – DOI: 10.58224/2687-0428-2024-6-6-123-128. – EDN: JISFDI.

References

1. Borisov, N.A. Organizatsiya zanyatij fizicheskoy kulturoj so studentami spetsialnykh meditsinskih grupp v vuze / N.A. Borisov, V.A. Kuznetsov, O.A. Musin // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2025. – № 89-3. – S. 63–66. – EDN: GQMKDB.
2. Zolotareva, E.N. Organizatsionno-metodicheskie osnovy zanyatij fizicheskoy kulturoj so studentami, imeyushchimi otkloneniya v sostoyanii zdorovya / E.N. Zolotareva // Teoreticheskie i prakticheskie problemy fizicheskoy kultury i sporta: puti razvitiya : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 65-letiyu fakulteta fizicheskoy kultury i sporta BGPU, Blagoveshchensk, 08 noyabrya 2018 goda / Pod obshch. red. O.V. YUrechko. – Blagoveshchensk : Blagoveshchenskij gosudarstvennij pedagogicheskij universitet, 2018. – S. 93–103.
3. Ivanova, N.L. Zanyatiya fizicheskoy kulturoj v spetsialnykh meditsinskih gruppakh shkol i vuzov / N.L. Ivanova. – M., 2012. – S. 74.
4. Kuchkova, L.A. Sravnitelnij analiz soblyudeniya printsipov zdorovogo obraza zhizni rossijskimi i inostrannymi studentami meditsinskogo vuza / L.A. Kuchkova, A.YU. SHreder, N.S. Kuznetsova, A.G. Ushakov // Obzor pedagogicheskikh issledovaniy. – 2025. – T. 7. – № 7. – S. 256–261. – EDN:

SRSFNG.

5. Kuchkova, L.A. Olimpijskie tsennosti v ponimanii rossijskikh i inostrannykh studentov / L.A. Kuchkova, A.YU. SHreder, N.S. Kuznetsova, YU.V. Vasilev // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2026. – T. 1. – № 2(179). – S. 136–139. – EDN: LGWXNV.

6. Mandrikov, V.B. Organizatsionno-metodicheskoe obespechenie uchebnogo protsessa po fizicheskoy kulture v spetsialnom uchebnom otdelenii meditsinskikh i farmatsevticheskikh vuzov / V.B. Mandrikov, M.P. Mishchulina, I.A. Ushakova, V.O. Aristakesyan, N.V. Zamyatina. – Volgograd, 2013. – S. 336.

7. Rezenkova, O.V. Fizicheskaya kultura studentov spetsialnykh meditsinskikh grupp / O.V. Rezenkova, I.E. SHatalova, L.B. Lukina. – Kirov, 2013. – S. 54.

8. SHreder, A.YU. Primenenie printsiptov ZOZH u studentov meditsinskogo vuza / A.YU. SHreder, M.KH. Spataeva, A.S. Kajsin, L.A. Kuchkova, D.A. YAkubovich, A.V. Nechaev // Obzor pedagogicheskikh issledovanij. – 2024. – T. 6. – № 6. – S. 123–128. – DOI: 10.58224/2687-0428-2024-6-6-123-128. – EDN: JISFDI.

© Л.А. Кучкова, А.Ю. Шредер, Н.С. Кузнецова, А.Г. Ушаков, 2026

ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ ПО РЕГБИ: ФОРМИРОВАНИЕ ТАКТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ

В.С. МЕСИТСКИЙ, А.Р. САЛИДИНОВ

*ГБОУ ВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
г. Симферополь*

Ключевые слова и фразы: проблемное обучение; тактическое мышление; регби; подростки; игровые проблемные ситуации; методика тренировки; педагогический эксперимент; принятие решений; командные действия; спортивная педагогика.

Аннотация: В статье рассматривается применение метода проблемного обучения в учебно-тренировочном процессе по регби как средства формирования тактического мышления у подростков 13–16 лет. Целью статьи является теоретическое обоснование и практическое описание методических приемов проблемного обучения, направленных на развитие способности юных регбистов к самостоятельному анализу игровых ситуаций и принятию тактических решений. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: анализ теоретических основ проблемного обучения применительно к командным спортивным играм; определение специфики тактического мышления в регби и его структурных компонентов; разработка системы проблемных игровых ситуаций и заданий для подростков, занимающихся регби на этапе начальной специализированной подготовки; обоснование педагогических условий эффективного применения метода проблемного обучения в тренировочном процессе.

Современный регби предъявляет высокие требования к тактической грамотности игроков на всех уровнях подготовки. Вместе с тем традиционные методы тренировки – имитация, отработка стандартных схем, разучивание готовых комбинаций – ограничивают возможности подростков к самостоятельному мышлению на поле. Игрок, обученный действовать строго по заданному алгоритму, нередко оказывается беспомощным в нестандартных ситуациях, столь характерных для динамичной игры в регби. Данное противоречие обуславливает актуальность поиска педагогических подходов, способных одновременно формировать как технические, так и когнитивные компоненты игровой деятельности.

1. Теоретические основы проблемного обучения в спортивной деятельности

Теория проблемного обучения получила

широкое развитие в 1960–1970-х гг. в работах А.М. Матюшкина и М.И. Махмутова. В ее основе лежит положение о том, что подлинное усвоение знаний и умений происходит лишь в процессе решения проблемных задач, а не воспроизведения готовых образцов деятельности. Проблемная ситуация создает у обучаемого интеллектуальное затруднение, которое является движущей силой учебного процесса и стимулирует активный мыслительный поиск [4].

В применении к спортивным командным играм проблемное обучение предполагает создание ситуаций незавершенности, вариативности и неопределенности в ходе учебно-тренировочных занятий. Тренер намеренно моделирует нестандартные тактические условия, при которых привычные действия не дают ожидаемого результата, вынуждая спортсменов искать альтернативные решения. Это принципиально отличает данный подход от традиционного алгоритмического обучения, при котором игрок

выполняет заранее разученное движение без существенного вклада собственного мышления [4].

В спортивной педагогике идеи проблемного обучения нашли отражение в концепции тактической периодизации, методе игровых задач (Horst Wein) и современных подходах к обучению командным видам спорта через представление, ориентированное на принятие решений (Decision Making Approach). Все они объединяются общей идеей: обучение должно моделировать реальную сложность игровой среды, а не упрощать ее до набора механических действий.

2. Специфика тактического мышления в регби и его компоненты

Тактическое мышление в регби представляет собой специализированный вид спортивного мышления, обеспечивающий своевременную и адекватную ориентацию игрока в изменяющихся условиях игры. Его отличительными чертами являются: быстрота (решение принимается в условиях острого дефицита времени – от долей секунды до 2–3 секунд), вариативность (одна ситуация допускает несколько равноценных решений), ситуативность (качество решения зависит от точности восприятия позиций партнеров и соперников) и предвосхищение (антиципация вероятных действий соперника) [1].

Структуру тактического мышления юного регбиста, по нашим наблюдениям и данным литературы, образуют следующие взаимосвязанные компоненты:

- перцептивный компонент – способность быстро и точно воспринимать расстановку игроков, направление атаки, позицию защитников;
- аналитический компонент – умение выделять ключевые признаки ситуации, различать угрозы и возможности, сопоставлять альтернативы;
- прогностический компонент – антиципация дальнейшего развития игровых событий на основе анализа текущей ситуации;
- операциональный компонент – способность трансформировать принятое решение в конкретное двигательное действие и командное взаимодействие;
- рефлексивный компонент – способность к оценке своих решений и действий, коррекции поведения в ходе игры.

Именно на развитие всей совокупности

этих компонентов и направлена система проблемного обучения, разработанная авторами для юных регбистов подросткового возраста. Подростковый возраст (13–16 лет) является сензитивным периодом для формирования тактического мышления в командных играх, поскольку в этот период активно развиваются высшие когнитивные функции – абстрактное мышление, планирование, рефлексия [5].

3. Принципы построения системы проблемного обучения в регби

Разработанная нами система проблемного обучения для юных регбистов строится на следующих взаимосвязанных принципах.

Принцип постепенного усложнения проблемных ситуаций. Задания выстраиваются в иерархию по степени сложности: от элементарных дилемм (пас / индивидуальный прорыв в ситуации 2 против 1, 3 против 2) до многоходовых командных задач (организация атаки при численном равенстве с ограничением числа пасов, организация защиты при неравенстве с ограничением числа защитников). Новая проблема предлагается лишь тогда, когда предыдущая освоена большинством игроков группы.

Принцип целостности игровой ситуации. Проблемные задачи моделируют реальные фрагменты игры, а не изолированные технические элементы. Это обеспечивает перенос навыков мышления из тренировочной среды в соревновательную деятельность и повышает мотивацию подростков.

Принцип коллективного поиска решений. Значительная часть проблемных заданий предполагает групповое обсуждение. После завершения игрового эпизода тренер организует короткую рефлексию (3–5 минут): команда анализирует, какие решения были приняты, почему именно они, и что можно было бы сделать иначе. Это формирует рефлексивный компонент тактического мышления и культуру командного взаимодействия.

Принцип минимального вмешательства тренера. В ходе решения проблемной задачи тренер воздерживается от прямых подсказок и указаний. Его роль – задать условие задачи, при необходимости задать направляющие вопросы («Что ты видел перед этим решением?», «Какие еще варианты были возможны?»), но не навязывать готовый ответ, направить мысли спортсменов в нужное русло и помочь им самостоятельно-

но прийти к решению.

Принцип вариативного решения. Большинство создаваемых ситуаций не имеет единственного «правильного» ответа. Тренер намеренно подчеркивает ценность нескольких возможных решений, оцениваемых по критериям своевременности, командной согласованности и достижения игровой цели. Это снимает у подростков «страх ошибки» и стимулирует игровую инициативу [2].

4. Методические приемы и упражнения с элементами проблемного обучения

На основе описанных принципов разработан комплекс методических приемов и упражнений, апробированный в ходе тренировочного процесса с группами юных регбистов 13–16 лет в СШ № 1 Министерства спорта Республики Крым и ГБОУ ВО РК КИПУ имени Февзи Якубова [2].

«Ситуационные задачи с ограничением». Перед командой ставится игровая цель – «условия сбивающих факторов» (занести попытку или защитить зачетную зону), однако вводится дополнительное ограничение, нарушающее привычный алгоритм действий: запрет на пасы назад, ограничение числа ударов ногой, принудительный перевод мяча через фланг, использование двух мячей вместо одного. Игроки вынуждены перестраивать командное взаимодействие, быстрее ориентироваться и искать нестандартные решения.

«Незавершенная схема». Тренер демонстрирует тактическую комбинацию в видеозаписи или на тактической доске, но умышленно «обрывает» ее на ключевом решении, задавая вопрос группе: «Как бы вы завершили эту атаку?». Подростки предлагают варианты, разыгрывают их на поле и совместно оценивают результаты. Данный прием эффективно развивает антиципацию и аналитическое мышление [4].

«Ролевая смена». Подростки периодически меняют амплуа в ходе игровых упражнений: смена позиций игроков схватки, линии защиты, нападающие встают в оборону (и наоборот). Это позволяет игрокам взглянуть на игровые ситуации с противоположной позиции, что существенно обогащает их тактическое видение, расширяет кругозор и способность предвосхищать действия соперника.

«Тренировочный разбор». По итогам каждой тренировки тренер задает группе 2–3 про-

блемных вопроса, связанных с прошедшими упражнениями: «Какой момент потребовал от вас наиболее трудного решения?», «Что бы вы сделали иначе?», «Как действия партнера помогли или помешали вашему решению?». Ответы фиксируются в коллективном «тактическом журнале» команды, что формирует привычку к рефлексии как неотъемлемой части спортивной деятельности.

5. Педагогические условия эффективности проблемного обучения в регби

Практическое применение метода проблемного обучения в тренировочном процессе по регби требует соблюдения ряда педагогических условий, без которых данный подход не достигает желаемого результата.

Первое условие – достаточный уровень технической и физической подготовленности двигательного умения игроков. Проблемное обучение эффективно лишь тогда, когда технические навыки достаточно автоматизированы, чтобы не поглощать все внимание спортсмена. Если подросток еще не освоил базовые технические приемы (пас, контакт, захват, удар), введение тактических проблемных задач преждевременно: тактическое мышление не может эффективно развиваться в условиях технической неопределенности.

Второе условие – психологическая безопасность тренировочной среды. Проблемное обучение требует от подростков готовности к открытому проявлению своих суждений, гипотез, ошибок. Авторитарная, критически-оценивающая атмосфера тренировки подавляет игровую инициативу и снижает готовность к самостоятельному мышлению. Тренеру необходимо целенаправленно формировать культуру принятия ошибки как источника обучения [4].

Третье условие – регулярность и системность применения метода. Разовое использование проблемных задач не дает устойчивого педагогического эффекта. Элементы проблемного обучения должны присутствовать в каждом тренировочном занятии, постепенно усложняясь по мере роста тактической компетентности группы. По нашим наблюдениям, первые устойчивые признаки самостоятельного тактического мышления у подростков появляются не ранее чем через 6–8 недель систематической работы.

Четвертое условие – использование цифровых инструментов для визуализации и ана-

лиза. Применение видеозаписи тренировочных упражнений существенно повышает качество последующего коллективного разбора и рефлексии. Подростки получают возможность увидеть свои действия «со стороны», что значительно ускоряет формирование аналитического и рефлексивного компонентов тактического мышления. Современные программные платформы (*Hudl, Coach Logic*) позволяют работать с видеоматериалом непосредственно во время разбора, акцентируя внимание на ключевых моментах принятия решений [4].

Выводы

Метод проблемного обучения представляет собой педагогически обоснованный и практически перспективный инструмент формирования тактического мышления у подростков в тренировочном процессе по регби. Его при-

менение обеспечивает развитие всех ключевых компонентов тактического мышления – перцептивного, аналитического, прогностического, операционального и рефлексивного – через активную познавательную деятельность самих спортсменов, а не механическое воспроизведение заданных образцов.

Таким образом, внедрение проблемного обучения в тренировочный процесс по регби способствует подготовке не просто технически оснащенных, но и мыслящих игроков, способных к творческому решению нестандартных тактических задач в условиях соревновательной деятельности. Перспектива дальнейших исследований связана с разработкой диагностического инструментария для оценки уровня тактического мышления юных регбистов и проведением педагогического эксперимента с количественной оценкой эффективности предложенной методики.

Литература

1. Наралиев, А.М. Воспитание силовых качеств у регбистов с использованием системы «кроссфит» / А.М. Наралиев, Н.А. Котляров // Вестник физической культуры и спорта. – 2020. – № 1(26). – С. 68–71. – EDN: LCANYD.
2. Меситский, В.С. Развитие регби в регионах России / В.С. Меситский, К.А. Ильмекеева // Теория и практика современной науки. – 2019. – № 5(47). – С. 427–429. – EDN: WOINUB.
3. Салидинов, А.Р. Применение компьютерных технологий в процессе обучения игре в регби / А.Р. Салидинов В.С. Меситский // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 12(183). – С. 181–183. EDN: KLQYEB.
4. Салидинов, А.Р. Применение искусственного интеллекта в образовании: текущие практики и возможности будущего / А.Р. Салидинов, Л.Н. Абдураимов // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 5(176). – С. 195–198. – EDN: OEAVRA.
5. Педагогика и образование: новые методы и технологии : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 10 сентября 2022 года. – Нижний Новгород : Научная общественная организация «Профессиональная наука», 2022. – 40 с.

References

1. Naraliev, A.M. Vospitanie silovykh kachestv u regbistov s ispolzovaniem sistemy «krossfit» / A.M. Naraliev, N.A. Kotlyarov // Vestnik fizicheskoy kultury i sporta. – 2020. – № 1(26). – S. 68–71. – EDN: LCANYD.
2. Mesitskij, V.S. Razvitie regbi v regionakh Rossii / V.S. Mesitskij, K.A. Ilmekееva // Teoriya i praktika sovremennoy nauki. – 2019. – № 5(47). – S. 427–429. – EDN: WOINUB.
3. Salidinov, A.R. Primenenie kompyuternykh tekhnologij v protsesse obucheniya igre v regbi / A.R. Salidinov V.S. Mesitskij // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 12(183). – S. 181–183. EDN: KLQYEB.
4. Salidinov, A.R. Primenenie iskusstvennogo intellekta v obrazovanii: tekushchie praktiki i vozmozhnosti budushchego / A.R. Salidinov, L.N. Abduraimov // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 5(176). – S. 195–198. – EDN: OEAVRA.
5. Pedagogika i obrazovanie: novye metody i tekhnologii : sbornik nauchnykh trudov po

materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Nizhnij Novgorod, 10 sentyabrya 2022 goda. – Nizhnij Novgorod : Nauchnaya obshchestvennaya organizatsiya «Professionalnaya nauka», 2022. – 40 s.

© В.С. Меситский, А.Р. Салидинов, 2026

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЙРОСЕТЕЙ

Е.Н. МИРОШНИЧЕНКО¹, В.П. ФРОЛОВА¹, О.Л. НИКИТИНА²

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»;

² ФКОУ ВО «Воронежский институт ФСИН России»,
г. Воронеж

Ключевые слова и фразы: искусственный интеллект; нейросети; преподавание иностранного языка; высшая школа; персонализация обучения; генеративные модели.

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена требованиями ФГОС ВО к формированию у студентов технических вузов универсальной компетенции в области деловой и межкультурной коммуникации, а также необходимостью адаптации методик обучения иностранным языкам к возможностям технологий искусственного интеллекта и нейросетей. Цель статьи – систематизация инновационных направлений преподавания иностранного языка в высшей школе в условиях цифровой трансформации образования и интеграции нейросетевых инструментов. Результаты исследования представлены в виде семи инновационных направлений: персонализированная генерация учебных материалов, интерактивная практика с ИИ-собеседниками, автоматизированная оценка и обратная связь, развитие критического мышления через анализ ИИ-контента, креативные проекты с генеративными нейросетями, адаптивное обучение на основе интеллектуальных тьюторских систем, а также автоматическая генерация и проверка тестов. Выявлены сквозные дидактические эффекты (персонализация, интенсификация практики, снижение психологических барьеров, экономия времени преподавателя) и обозначены ограничения внедрения (технические, методические, этические, правовые, дидактические). Заключение содержит вывод о том, что технологии искусственного интеллекта и нейросетей не заменяют преподавателя, а предоставляют ему мощный инструментальный арсенал для расширения методического арсенала, требуя при этом овладения новыми профессиональными компетенциями (промпт-инжиниринг, критическая оценка ИИ-контента, обеспечение академической честности).

Современные требования к подготовке выпускников технических вузов, зафиксированные в федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС ВО 3++), предполагают такой уровень владения иностранным языком, который обеспечивает их успешную интеграцию в профессиональное и социокультурное сообщество. В условиях цифровой трансформации высшего образования и активной интеграции технологий искусственного интеллекта и нейросетей в процесс обучения иностранному языку основной целью его изучения в современном вузе является овладение универсальной компетенцией – способностью осу-

ществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранных языках.

Данная компетенция позволяет студенту эффективно решать широкий круг задач в профессиональной, деловой сферах, а также в области межкультурного общения. Применение нейросетевых инструментов (генеративных моделей, чат-ботов, систем автоматической оценки речи) создает новые дидактические возможности для формирования языковой компетенции от персонализированной языковой практики до симуляции реальных деловых контактов с иноязычными стейкхолдерами.

Для адекватного ответа на изменяющиеся запросы социума необходимы постоянное совершенствование и актуализация средств, методов и подходов к обучению. Игнорирование специфики обучения иностранному языку способно перевести отдельные методические особенности в разряд трудно разрешимых проблем, требующих безотлагательного решения.

Цель статьи – систематизация инновационных направлений преподавания иностранного языка в высшей школе в условиях цифровой трансформации образования и интеграции нейросетевых инструментов.

Методологическую основу составил анализ и обобщение современных дидактических работ, а также работ отечественных исследователей (А.С. Будниковой, О.С. Бабенковой, Т.В. Власовой, П.Л. Сидорова, С.В. Фроловой, И.И. Курбатова, А.М. Петрова и др.) по проблеме обучения с использованием искусственного интеллекта.

Как отмечают Л.П. Циленко, К.С. Циленко, И.Г. Тамразова и др., важнейшие тенденции развития современного общества, связанные с процессами глобализации и информатизации, находят непосредственное отражение в образовательном процессе в целом и в сфере иноязычного образования в частности [10]. Вслед за Е.Н. Шутенко, А.И. Шутенко, М.В. Серебряной можно заметить, что в условиях цифровой трансформации высшей школы и активной интеграции технологий искусственного интеллекта и нейросетей сохраняется потребность в дальнейшей разработке вопросов внедрения в учебный процесс современных интернет-технологий, особенно в сфере высшего профессионального образования [11]. Возникает необходимость в организации специально структурированной работы с информацией, объем которой непрерывно растет.

Инновационные направления преподавания иностранного языка в высшей школе в условиях интеграции технологий искусственного интеллекта и нейросетей формируются вокруг идеи персонализации обучения. Как показывают исследования И.И. Курбатова, А.М. Петрова [6] и др., первым и необходимым шагом такой персонализации выступает анализ потребностей студентов. Среди них: адаптивные обучающие платформы с ИИ-тьюторами, автоматическая генерация учебных материалов на основе уровня владения языком, интеллектуальный анализ устной и письменной речи студен-

тов с помощью нейросетей, а также создание персонализированных языковых сред с виртуальными собеседниками.

Сегодня существует большое количество интернет-ресурсов, содержащих материал, потенциально пригодный для использования в учебных целях. Е.В. Вариясова, Д.В. Грамма подчеркивают важность использования возможностей искусственного интеллекта. В частности, технологии ИИ открывают широкие возможности для персонализации обучения и его адаптации под индивидуальные потребности обучающихся, включая составление индивидуальных образовательных траекторий, учебных планов и программ повышения квалификации с учетом актуального уровня профессиональной подготовки [1].

При этом нейросетевые инструменты (генеративные модели, интеллектуальные поисковые системы, чат-боты) открывают новые возможности для фильтрации, адаптации и дидактической обработки таких материалов. Одной из технологий, позволяющих специальным образом организовать познавательную деятельность обучающихся в условиях постоянно возрастающего потока информации и появления доступных образовательных интернет-ресурсов (в том числе генерируемых с помощью ИИ), является технология веб-квестов с использованием нейросетей, которые могут быть эффективным средством развития иноязычной коммуникативной компетенции, навыков поиска, критического анализа и творческого синтеза информации в цифровой среде.

Е.Ю. Глазова, Н.Ю. Шепелева считают, что в системе высшего образования студентам предоставляется свобода выбора иностранного языка для изучения [3]. Однако, как показывает практика, абсолютное большинство обучающихся выбирают английский язык в качестве основного, даже если в средней школе они изучали другой иностранный язык. Данная тенденция актуализирует задачу преподавателя: овладеть самыми современными методами обучения английскому языку в вузе, чтобы выбрать именно те инструменты, которые соответствуют исходному уровню языковой подготовки, образовательным потребностям студентов и одновременно нацелены на приобретение универсальных и профессиональных компетенций, предусмотренных ФГОС ВО.

В условиях активной интеграции технологий искусственного интеллекта и нейросетей

в образовательный процесс возможности решения этой задачи существенно расширяются. Нейросетевые инструменты (адаптивные платформы, интеллектуальные чат-боты, генераторы учебных материалов, системы автоматической оценки речи) позволяют преподавателю гибко персонализировать обучение английскому языку, оперативно диагностировать уровень подготовки студента и предлагать индивидуальные траектории освоения материала.

В.В. Михайлов доказывает, что одним из эффективных средств активизации студентов в процессе обучения иностранному языку выступает метод проектов. В контексте реализации требований ФГОС ВО проектная деятельность позволяет обучающемуся погрузиться в профессионально и личностно значимую тему, создавая поисковые, исследовательские и графические работы, что существенно разнообразит аудиторную нагрузку и снижает монотонность занятий. Как отмечают исследователи, «направления проектной деятельности интегрируют в себе различные инновационные технологии: *fabbertechnology*, *workshop*, 3D-моделирование с помощью 3D-ручки, использование дополненной реальности при разработке виртуальных карт путешествий, различных цифровых программ и интерактивных платформ» [8, с. 24], что закономерно повышает мотивационную активность обучающихся и уровень их предметных знаний.

В условиях цифровой трансформации высшего образования и активной интеграции технологий искусственного интеллекта и нейросетей в процесс обучения иностранному языку одним из эффективных инструментов повышения мотивации и развития познавательного интереса студентов выступает геймификация – игровая методика. Нейросетевые алгоритмы позволяют вывести геймификацию на новый уровень: автоматически генерировать игровые сценарии, адаптировать сложность заданий под индивидуальный прогресс обучающегося, а также создавать динамические диалоги с виртуальными персонажами.

В.В. Михайлов, изучая эффективность использования новых игровых технологий в языковом обучении студентов, отмечает, что обучающиеся, следуя игровой логике, самостоятельно предлагают правила и определяют три уровня сложности (простой, сложный, суперсложный). На первом уровне студенты осваивают теорию и анализируют готовые про-

екты – нейросеть может подбирать для этого релевантные кейсы из открытых источников. На втором уровне они разрабатывают групповой проект с распределением зон ответственности – ИИ-помощники (например, чат-боты) способны оперативно предоставлять справочную информацию по лексике и грамматике. На суперсложном уровне происходит интеграция ранее приобретенных знаний и умений; кроме того, «устанавливаются контакты со стейкхолдерами и экспертами по проблеме, заявленной в проекте» [8, с. 24] – здесь нейросетевые инструменты могут взять на себя первичную коммуникацию, перевод запросов, генерацию отчетов и протоколов встреч.

Таким образом, геймификация в условиях использования ИИ и нейросетей способствует формированию универсальной языковой компетенции в соответствии с ФГОС ВО, подготавливая выпускников к реальной проектной деятельности в цифровой среде.

А.А. Ибирчук считает: «На современном этапе развития высшего образования происходит реформирование учебного процесса, исходя из новых требований к учебным рабочим программам – это технологии дистанционного обучения (обучающие игры, диалоговые тренажеры, чат-боты), преподавание при помощи средств видеосвязи *Webinar Meetings*, *Jitsi*, *Skype* и другие» [5, с. 4].

Анализ современных дидактических разработок и практического опыта внедрения технологий искусственного интеллекта в процесс обучения иностранному языку в высшей школе позволяет выделить семь инновационных направлений, каждое из которых решает определенную методическую задачу и обладает специфическим дидактическим потенциалом.

Первое направление связано с персонализированной генерацией учебных материалов с помощью нейросетей. Инструменты, такие как *ChatGPT*, *YandexGPT* и *Twee.com*, позволяют автоматически создавать тексты, диалоги, упражнения и тесты, адаптированные под уровень владения языком, профессиональный профиль (технический, экономический, гуманитарный) и индивидуальные интересы студента. Дидактический эффект данного направления заключается в снятии дефицита аутентичных материалов по узкой специальности и значительной экономии времени преподавателя на рутинную подготовку.

Второе направление представляет со-

бой интерактивную языковую практику с ИИ-собеседниками (чат-ботами и голосовыми ассистентами). Студенты ведут диалог с нейросетевым собеседником, который имитирует реальные коммуникативные ситуации: деловые переговоры, интервью, бытовое общение или обсуждение проекта. Среди инструментов, реализующих эту возможность, можно назвать голосовой режим *ChatGPT*, тренажеры *ELSA Speak* и *Speak*, а также платформу *Character.AI* для создания ролевых персонажей. Данное направление способствует снятию языкового барьера (поскольку отсутствует страх ошибки перед группой), обеспечивает доступность практики 24/7 и развивает навыки спонтанной речи.

Третье направление – автоматизированная оценка и обратная связь (*AI-grading*). Нейросети, в частности *Grammarly*, *LanguageTool*, *YandexGPT* в связке со *SpeechKit* и *Turnitin*, проверяют письменные работы (эссе, переводы, отчеты) и устные ответы, анализируя грамматику, лексику, стиль и связность текста. При этом система выдает развернутую обратную связь с конкретными рекомендациями по улучшению. Дидактический эффект выражается в многократном увеличении объема практики с обратной связью, объективизации оценки и формировании у студентов навыков саморедактирования.

Четвертое направление ориентировано на развитие критического мышления через анализ и редактирование контента, сгенерированного нейросетями. Студенты учатся выявлять стилистические неточности, грамматические ошибки и фактологические «галлюцинации» в текстах, созданных ИИ, сравнивают машинный и человеческий перевод, обсуждают ограничения нейросетей. Примерами заданий могут служить поиск ошибок в эссе, сгенерированном *ChatGPT*, или сравнение перевода технической инструкции, выполненного *DeepL* и профессиональным переводчиком. Данное направление формирует информационную грамотность, понимание границ применимости ИИ и развивает навыки доказательного мышления.

Пятое направление включает креативные и проектные задания с использованием генеративных нейросетей. Студенты создают мультимедийные проекты на иностранном языке, применяя *Midjourney*, *DALL-E* или *Kandinsky* для генерации иллюстраций, *Canva* с ИИ-функциями для постеров и инфографики,

Runway Gen-2 или *HeyGen* для коротких видео, а также *TTSMaker* и *ElevenLabs* для озвучки текста разными голосами. Педагогический эффект здесь достигается за счет повышения мотивации через творческую самореализацию, развития навыков презентации и визуализации идей, а также интеграции языковой подготовки с цифровыми компетенциями (*digital literacy*).

Шестое направление – адаптивное обучение на основе интеллектуальных тьюторских систем. Платформы с ИИ (*Duolingo Max*, *Lingvist*, *Rosetta Stone*, а также отечественные разработки на базе «Сферума») отслеживают прогресс студента, выявляют слабые места (например, неусвоенные грамматические конструкции или дефицит технической лексики) и автоматически подбирают упражнения для их отработки. Формируется индивидуальная траектория обучения, что позволяет учитывать темп работы каждого студента, своевременно корректировать пробелы и освобождать преподавателя для более сложных задач – тьюторства и проектного руководства.

Седьмое направление касается автоматической генерации и проверки тестов для текущего и итогового контроля. Н.С. Гаркуша, Ю.С. Городова отмечают, что нейросети (*QuestBase* с ИИ-генерацией, *Examind*, а также грамотно составленные промпты для *ChatGPT*) создают тесты разных типов – множественный выбор, заполнение пропусков, установление соответствия, открытые вопросы – по заданному учебному материалу и автоматически проверяют их, формируя аналитические отчеты [2]. Дидактический эффект заключается в быстрой проверке усвоения лексики и грамматики, возможности создания десятков вариантов для разных подгрупп и снижении нагрузки на преподавателя.

Обобщение перечисленных направлений позволяет классифицировать их по четырем группам решаемых дидактических задач. К первой группе (создание и адаптация контента) относятся персонализированная генерация материалов и автоматическая генерация тестов. Ко второй (интерактивная практика и коммуникация) – диалог с ИИ-собеседниками и креативные проекты с генеративными нейросетями. Третья группа (оценка и рефлексия) объединяет *AI-grading* и адаптивные тьюторские системы. Четвертая группа (развитие метапредметных навыков) представлена направлением критического анализа ИИ-контента.

Сквозными дидактическими эффектами,

характерными для всех направлений, выступают: персонализация обучения, интенсификация языковой практики (возможность круглосуточной тренировки), снижение психологических барьеров у студентов, экономия времени преподавателя за счет автоматизации рутинных операций и развитие цифровой грамотности как неотъемлемой компетенции будущего специалиста.

Е.Ю. Левина, Л.Ю. Мухаметзянова [7], С.И. Дудник, Б.В. Марков [4] замечают, что вместе с тем внедрение рассмотренных направлений сопряжено с рядом ограничений и рисков. К техническим ограничениям относится необходимость стабильного доступа к интернету, наличие платных подписок на некоторые сервисы и владение цифровыми устройствами. Методические риски связаны с возможной подменой самостоятельной учебной деятельности студентов простым копированием результатов, сгенерированных нейросетью. Этико-правовые аспекты включают вопросы конфиденциальности данных, соблюдения авторских прав и требований Федерального закона «О персональных данных». Наконец, дидактические риски проявляются в потенциальном снижении когнитивной нагрузки при некритическом использовании ИИ-подсказок.

Успешная реализация инновационных направлений требует от преподавателя иностранного языка овладения новыми профессиональными компетенциями: умением формулировать

эффективные запросы к нейросетям (промпт-инжиниринг), способностью интегрировать ИИ-инструменты в структуру занятия (от целеполагания до рефлексии), готовностью контролировать академическую честность и обучать студентов этичным правилам использования генеративных моделей, а также навыками критической оценки контента, созданного искусственным интеллектом.

В ходе исследования была достигнута поставленная цель: систематизированы инновационные направления преподавания иностранного языка в высшей школе в условиях интеграции технологий искусственного интеллекта и нейросетей. Выделены семь направлений, сгруппированных по четырем категориям дидактических задач. Определены сквозные дидактические эффекты и ограничения внедрения. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшей разработки методических рекомендаций по использованию ИИ в языковом образовании.

Таким образом, систематизация инновационных направлений показывает, что технологии искусственного интеллекта и нейросетей не заменяют преподавателя, а предоставляют ему мощный инструмент для расширения методического арсенала. При грамотном и рефлексивном применении эти направления способны существенно повысить качество иноязычной подготовки в высшей школе в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Литература

1. Вариясова, Е.В. Искусственный интеллект как инструмент оптимизации в профессиональной подготовке преподавателей иностранного языка в вузе / Е.В. Вариясова, Д.В. Грамма // Северный регион: наука, образование, культура. – 2025. – Т. 26. – № 3. – С. 24–31. – DOI: 10.35266/2949-3463-2025-3-2. – EDN: UMREAO.
2. Гаркуша, Н.С. Педагогические возможности ChatGPT для развития когнитивной активности студентов / Н.С. Гаркуша, Ю.С. Городова // Профессиональное образование и рынок труда. – 2023. – Т. 11. – № 1. – С. 6–23. – DOI: 10.52944/PORT.2023.52.1.001. – EDN: NBBIRG.
3. Глазова, Е.Ю. Современные методы и технологии преподавания иностранных языков на неязыковых специальностях вуза / Е.Ю. Глазова, Н.Ю. Шепелева // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2023. – № 1. – С. 132–139. – DOI: 10.34216/2073-1426-2023-29-1-132-139. – EDN: BAAEQS.
4. Дудник, С.И. Кризис образования в цифровую эпоху / С.И. Дудник, Б.В. Марков // Вестник Санкт-Петербургского университета. Философия и конфликтология. – 2020. – Т. 36. – Вып. 2. – С. 214–226. – DOI: 10.21638/spbu17.2020.201. – EDN: FXHCYO.
5. Ибирчук, А.А. Использование современных технологий на занятиях иностранного языка / А.А. Ибирчук // Научный вестник Крыма. – 2017. – № 2. – С. 1–5. – EDN: YRXDFH.
6. Андрияшина, Л.М. Цифровизация профессионального образования: перспективы и незримые барьеры / Л.М. Андрияшина, Н.О. Садовникова, С.Н. Уткина, А.М. Мирзаахмедов // Образова-

ние и наука. – 2020. – Т. 22. – № 3. – С. 116–147. – EDN: WAVBRF.

7. Левина, Е.Ю. Развитие Человека знания в ракурсе когнитивной парадигмы / Е.Ю. Левина, Л.Ю. Мухаметзянова // Казанский педагогический журнал. – 2020. – № 3(140). – С. 8–18. – DOI: 10.34772/KPJ.2020.140.3.001. – EDN: NNNYBI.

8. Лобачева, Н.Н. Применение технологии геймификации в процессе обучения английскому языку студентов неязыкового вуза / Н.Н. Лобачева, Е.Н. Мирошниченко, В.П. Фролова // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 5(188). – С. 169–173. – EDN: BDUIGW.

9. Мирошниченко, Е.Н. Персонализация обучения иностранным языкам в техническом вузе на основе технологий искусственного интеллекта / Е.Н. Мирошниченко, В.П. Фролова, И.С. Воронкова, О.Л. Никитина // Reports Scientific Society. – 2025. – № 4(60). – С. 42–50. – EDN: JAJNGK.

10. Михайлов, В.В. Актуальные проблемы преподавания иностранного языка в техническом вузе: формирование мотивации / В.В. Михайлов // Гуманитарно-педагогические исследования. – 2022. – № 3. – С. 14–20. – DOI: 10.18503/2658-3186-2022-6-3-14-20. – EDN: DSJPFT.

References

1. Variyasova, E.V. Iskusstvennij intellekt kak instrument optimizatsii v professionalnoj podgotovke prepodavatelej inostrannogo yazyka v vuze / E.V. Variyasova, D.V. Gramma // Severnij region: nauka, obrazovanie, kultura. – 2025. – Т. 26. – № 3. – С. 24–31. – DOI: 10.35266/2949-3463-2025-3-2. – EDN: UMREAO.

2. Garkusha, N.S. Pedagogicheskie vozmozhnosti ChatGPT dlya razvitiya kognitivnoj aktivnosti studentov / N.S. Garkusha, YU.S. Gorodova // Professionalnoe obrazovanie i rynek truda. – 2023. – Т. 11. – № 1. – С. 6–23. – DOI: 10.52944/PORT.2023.52.1.001. – EDN: NBBIRG.

3. Glazova, E.YU. Sovremennye metody i tekhnologii prepodavaniya inostrannykh yazykov na neyazykovykh spetsialnostyakh vuza / E.YU. Glazova, N.YU. Shepeleva // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika. – 2023. – № 1. – С. 132–139. – DOI: 10.34216/2073-1426-2023-29-1-132-139. – EDN: BAAEQS.

4. Dudnik, S.I. Krizis obrazovaniya v tsifrovuyu epokhu / S.I. Dudnik, B.V. Markov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Filosofiya i konfliktologiya. – 2020. – Т. 36. – Vyp. 2. – С. 214–226. – DOI: 10.21638/spbu17.2020.201. – EDN: FXHCYO.

5. Ibirchuk, A.A. Ispolzovanie sovremennykh tekhnologij na zanyatiyakh inostrannogo yazyka / A.A. Ibirchuk // Nauchnij vestnik Kryma. – 2017. – № 2. – С. 1–5. – EDN: YRXDFH.

6. Andryukhina, L.M. TSifrovizatsiya professionalnogo obrazovaniya: perspektivy i nezrimye barery / L.M. Andryukhina, N.O. Sadovnikova, S.N. Utkina, A.M. Mirzaakhmedov // Obrazovanie i nauka. – 2020. – Т. 22. – № 3. – С. 116–147. – EDN: WAVBRF.

7. Levina, E.YU. Razvitie Cheloveka znaniya v rakurse kognitivnoj paradigmy / E.YU. Levina, L.YU. Mukhametzyanova // Kazanskij pedagogicheskij zhurnal. – 2020. – № 3(140). – С. 8–18. – DOI: 10.34772/KPJ.2020.140.3.001. – EDN: NNNYBI.

8. Lobacheva, N.N. Primenenie tekhnologii gejmfifikatsii v protsesse obucheniya anglijskomu yazyku studentov neyazykovogo vuza / N.N. Lobacheva, E.N. Miroshnichenko, V.P. Frolova // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 5(188). – С. 169–173. – EDN: BDUIGW.

9. Miroshnichenko, E.N. Personalizatsiya obucheniya inostrannym yazykam v tekhnicheskom vuze na osnove tekhnologij iskusstvennogo intellekta / E.N. Miroshnichenko, V.P. Frolova, I.S. Voronkova, O.L. Nikitina // Reports Scientific Society. – 2025. – № 4(60). – С. 42–50. – EDN: JAJNGK.

10. Mikhajlov, V.V. Aktualnye problemy prepodavaniya inostrannogo yazyka v tekhnicheskom vuze: formirovanie motivatsii / V.V. Mikhajlov // Gumanitarno-pedagogicheskie issledovaniya. – 2022. – № 3. – С. 14–20. – DOI: 10.18503/2658-3186-2022-6-3-14-20. – EDN: DSJPFT.

© Е.Н. Мирошниченко, В.П. Фролова, О.Л. Никитина, 2026

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИСЕДАНИЙ СО ШТАНГОЙ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАВМАТИЗМА

А.Е. ТАРАСОВ, Н.Ю. РАЗЖИГАЕВА, А.З. ДОБРЯНЦЕВА, У.А. АФАНАСЬЕВА

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,
г. Якутск

Ключевые слова и фразы: пауэрлифтинг; приседания со штангой; биомеханический контроль; техника выполнения; профилактика травматизма; экспресс-оценка.

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы профилактики травматизма для занимающихся пауэрлифтингом при выполнении приседаний со штангой путем биомеханического контроля.

Цель исследования – выявить и сравнить биомеханические параметры техники выполнения приседаний со штангой у опытных и начинающих спортсменов для определения факторов риска травматизма и разработки практических критериев контроля.

Методы и организация исследования: теоретический анализ и обобщение данных научно-методической литературы, комплекс биомеханических методов, методы математической статистики. Эмпирическое исследование проведено в фитнес-клубе «Сталь» г. Якутска с участием 10 человек.

Результаты исследования и выводы: техника приседаний у начинающих спортсменов характеризуется совокупностью биомеханических нарушений, повышающих риск травм позвоночника и коленных суставов. Для практического контроля предложен набор из пяти контрольных параметров (наклон туловища, вальгус колена, смещение штанги, асимметрия углов сгибания коленей, отрыв пяток) и интегральный индекс травмоопасности, позволяющие проводить экспресс-оценку и своевременную коррекцию техники на начальных этапах подготовки.

Пауэрлифтинг – сравнительно новая спортивная дисциплина, научное изучение которой началось относительно недавно. В России он стал набирать популярность в 1980-х гг. и в настоящее время представляет собой одно из наиболее востребованных силовых направлений. Основная задача пауэрлифтинга заключается в демонстрации максимальной силы атлета, проявляемой в преодолении максимального веса в трех базовых упражнениях: приседаниях со штангой, жиме лежа и становой тяге.

Работа с экстремальными весами снарядов в пауэрлифтинге неразрывно связана с повышенным риском получения травм. В.А. Голованов пишет, что: «Травма – это воздействие на организм человека внешнего фактора, нарушающего строение и целостность тканей и нормальное течение физиологических процессов» [1].

Современные методики тренировок и грамотное техническое обучение значительно

уменьшили вероятность получения травм в тяжелой атлетике.

Большинство зафиксированных повреждений связано с накопленной усталостью. Резкие травмы, возникающие в процессе тренировок или соревнований, обычно обусловлены ошибками в технике выполнения упражнений, недостаточной подготовкой мышц к нагрузке или неэффективной разминкой.

В пауэрлифтинге риск травматизма возрастает при комплексе взаимосвязанных факторов, связанных как с самим тренировочным процессом, так и с поведением атлета.

Цель исследования – выявить и сравнить биомеханические параметры техники выполнения приседаний со штангой у опытных и начинающих спортсменов для определения факторов риска травматизма и разработки практических критериев контроля.

В процессе исследования были использованы следующие методы: теоретический анализ

и обобщение данных научно-методической литературы, комплекс биомеханических методов, методы математической статистики. Эмпирическое исследование проведено в фитнес-клубе «Сталь» г. Якутска с участием 10 человек.

На первом этапе проведен анализ литературных источников, где указаны, что травмы в силовых тренировках часто возникают из-за дисбаланса между нагрузкой и физиологическими возможностями организма. Также основным фактором является использование веса, превышающего функциональные резервы опорно-двигательного аппарата, особенно при выполнении большого количества повторений с весом, близким к максимальному (90–100 % от 1ПМ). Аналогичный риск несет чрезмерный тренировочный объем, не позволяющий тканям адекватно восстановиться, например, ежедневные тренировки с максимальными весами. Не менее важна правильная техника выполнения упражнений, адаптированная к индивидуальной анатомии. Типичные ошибки, такие как неконтролируемое движение коленей в приседаниях, потеря тонуса поясничного отдела в становой тяге или неправильный выбор ширины постановки ног, значительно увеличивают вероятность травм.

Для эффективной и безопасной работы с весами важна предварительная подготовка организма. Пренебрежение разминкой, даже отказ от простых упражнений с собственным весом значительно увеличивает риск получения травмы. Кроме того, связочно-суставной аппарат адаптируется к нагрузке медленнее, чем мышцы, поэтому форсированное увеличение весов без учета этого отставания ведет к травмам. Серьезными дополнительными факторами выступают фармакологические вмешательства: использование препаратов, «сгоняющих» воду, вызывает обезвоживание, нарушение работы внутренних органов и резкое падение силы, из-за чего ослабленный организм травмируется быстрее. Прием анаболических стероидов создает ложное чувство безграничной силы, побуждая атлета стремительно наращивать нагрузку и игнорировать предшествующие травме дискомфорт и боль [2].

И последнее, несоблюдение режима питания и сна препятствует полноценному восстановлению, а пренебрежение правилами безопасности и специализированным снаряжением – кистевыми бинтами, магнием, атлетическим поясом – лишает спортсмена необхо-

димой защиты при работе с большими весами. Все перечисленные факторы действуют системно, и их совокупность значительно увеличивает вероятность получения травмы.

Работа с большими весами в пауэрлифтинге оказывает значительную нагрузку на опорно-двигательный и связочно-суставный аппарат атлетов. Следует отметить, что позвоночник (в особенности его поясничный отдел) подвержен высокому риску травматизма во всех трех соревновательных движениях – приседаниях, жиме лежа и становой тяге. Основными причинами травм зачастую становятся недостаточная стабилизация поясницы, выполнение жима штанги с чрезмерным прогибом («мостом»), а также игнорирование упражнений, направленных на укрепление мышц.

Также в данном виде спорта коленный сустав представляет собой невралгическую точку постуральной и скелетно-мышечной системы с точки зрения усталостных повреждений. Боли в феморопателлярном суставе, особенно при отсутствии хондромалиции надколенника, чаще всего возникают в результате огромных нагрузок. Кроме врожденных отклонений, таких как дисплазия надколенника и неправильное осевое расположение, причиной этого может быть частое выполнение сильных сгибаний коленных суставов в сочетании с дополнительной нагрузкой, обусловленной весом штанги.

Среди часто выполняемых упражнений, требующих особого внимания к технике, выделяется приседание, которое является одним из самых популярных элементов как в спортивных, так и в оздоровительных программах. Данное базовое многосуставное движение способствует эффективному развитию силы мышц нижних конечностей, а его различные вариации позволяют комплексно прорабатывать разные мышечные группы [3].

Однако, несмотря на широкое применение приседаний, в профессиональной среде сохраняются существенные расхождения во мнениях относительно правильной техники их выполнения [4]. Дискуссии специалистов касаются в первую очередь распределения нагрузки на суставы, оптимальной глубины седа и специфики работы мышц. В связи с этим понимание биомеханических характеристик приседания становится необходимым условием для повышения эффективности тренировок и минимизации рисков травматизма, характерных для пауэрлифтинга.

Второй этап – организация исследования. В исследовании участвовали десять мужчин в возрасте от 18 до 30 лет, которые занимаются пауэрлифтингом в фитнес-клубе «Сталь» г. Якутска и не имеют в прошлом серьезных повреждений костей, мышц и суставов.

Для обеспечения точности результатов испытуемые были разделены на две группы.

К группе опытных были отнесены мужчины, регулярно выполняющие приседания со штангой более двух лет, с показателем относительной максимальной силы (максимальный вес, который они могут поднять, деленный на их массу тела) не менее 1,5.

В группу новичков вошли участники со стажем тренировок до шести месяцев и относительной максимальной силой менее 1,0. Анализ движений проводился с использованием двух камер *GoPro Hero 10*, работающих с частотой 120 кадров в секунду.

Камеры были расположены под прямым углом друг к другу, что позволило одновременно записывать движения в сагиттальной (боковой) и фронтальной (передней) плоскостях.

В качестве отягощения использовалась олимпийская штанга весом 20 кг с дополнительными дисками, что давало возможность индивидуально регулировать нагрузку для каждого участника.

Для исследования биомеханики приседаний была проведена оценка ключевых параметров техники выполнения, включая углы в суставах, характер распределения нагрузки и проявление усилий.

После проведения разминки каждый испытуемый выполнил пять приседаний со штангой, зафиксированной на спине, используя вес, равный 70 % от его индивидуального максимального результата в одном повторении (1ПМ).

В процессе выполнения приседаний строго контролировалась глубина – бедро опускалось до положения, параллельного полу (примерно 90 градусов сгибания в коленном суставе).

Для детального анализа были отобраны три наиболее стабильных и однотипных по технике выполнения повторения.

В качестве анализируемых биомеханических показателей были выбраны следующие.

1. Наклон корпуса (α , градусы): определялся угол между вертикальной осью и линией позвоночника в нижней фазе движения.

2. Вальгусная девиация коленного сустава (V , миллиметры): измерялось смещение колена

к медиальной стороне относительно вертикальной проекции оси стопы.

3. Положение штанги в сагиттальной плоскости (S , сантиметры): оценивалось расстояние между проекцией центра тяжести штанги и центральной точкой опоры стопы.

4. Асимметрия сгибания коленей (A , градусы): рассчитывалась разница углов сгибания в коленных суставах правой и левой ноги.

5. Контакт пяток с поверхностью (H): фиксировалась наличие или отсутствие отрыва пяток от опорной поверхности в нижней точке приседа.

6. Скорость опускания штанги (v , м/с) – средняя скорость в фазе опускания.

Далее сравнение результатов групп выполнено с помощью U -критерия Манна – Уитни (непараметрическое распределение), а также корреляционный анализ – по Спирмену, где был принят уровень значимости $p < 0,05$.

В ходе исследования выявлено, что у начинающих спортсменов по сравнению с опытными наблюдается:

- значительно больший наклон туловища вперед в нижней фазе приседа, что создает избыточный момент разгибания в поясничном отделе позвоночника и повышает нагрузку на межпозвонковые диски, увеличивая риск болей в спине и протрузий;

- выраженное вальгусное отклонение коленных суставов (завал коленей внутрь), в несколько раз превышающее допустимые значения, что напрямую ассоциировано с повышенной нагрузкой на переднюю крестообразную связку и мениски;

- существенное передне-заднее смещение штанги относительно середины стопы, которое нарушает оптимальную биомеханику рычагов, вынуждает спортсмена компенсаторно отрывать пятки от опоры и округлять спину, что дополнительно нагружает позвоночник и снижает устойчивость;

- асимметрия углов сгибания правой и левой ноги превышает физиологически допустимые пределы, что ведет к односторонней перегрузке суставных структур;

- более высокую скорость опускания штанги, что говорит о недостаточном эксцентрическом контроле движения и снижении способности управлять снарядом на протяжении всей амплитуды.

Кроме того, отрыв пяток от опоры в нижней точке приседа, который полностью отсут-

Таблица 1. Сравнение средних значений двух групп

Параметры	Опытные ($n = 5$)	Новички ($n = 5$)
Наклон туловища (α , °)	12,4	24,7
Вальгус колена (V , мм)	5,1	18,3
Смещение штанги (S , см)	2,1	6,8
Ассиметрия (A , °)	2,4	7,9
Отрыв пяток (%)	0 %	80 %
Скорость опускания (v , м/с)	0,51	0,68

Таблица 2. Биомеханические параметры техники приседаний

Параметры	Опытные ($n = 5$)	Новички ($n = 5$)	p
Наклон туловища (α , °)	$12,4 \pm 3,1$	$24,7 \pm 5,8$	$< 0,001$
Вальгус колена (V , мм)	$5,1 \pm 2,2$	$18,3 \pm 6,4$	$< 0,001$
Смещение штанги (S , см)	$2,1 \pm 1,3$	$6,8 \pm 2,7$	$< 0,001$
Ассиметрия (A , °)	$2,4 \pm 1,1$	$7,9 \pm 3,5$	$< 0,01$
Отрыв пяток (%)	0 %	80 %	$< 0,001$
Скорость спуска (v , м/с)	$0,51 \pm 0,08$	$0,68 \pm 0,12$	0,04

ствовал у опытных участников, был зафиксирован у большинства новичков, что указывает на недостаточную подвижность голеностопного сустава и несформированный стереотип распределения веса тела.

Как видно из табл. 2, корреляционный анализ показал сильную отрицательную связь стажа занятия пауэрлифтингом с наклоном туловища ($r = -0,78$, $p < 0,01$) и с вальгусом колена ($r = -0,71$, $p < 0,01$). Смещение штанги коррелировало с отрывом пяток ($r = 0,69$, $p < 0,05$).

Таким образом, техника выполнения приседаний со штангой у начинающих спортсменов характеризуется совокупностью биомеханических нарушений, каждый из которых в отдельности является фактором риска травм позвоночника и коленных суставов.

Поэтому на начальных этапах обучения данному упражнению необходим обязательный биомеханический контроль, включая простейший визуальный скрининг.

На третьем этапе по итогам исследовательской работы отобраны упражнения для коррекции биомеханических нарушений и предотвращения различных травм опорно-двигательного аппарата.

На основе полученных данных предлагаем тренерам и начинающим спортсменам набор из 5 контрольных точек.

1. Наклон туловища должен быть не более 15° от вертикали.

Самый простой способ – визуальный контроль сбоку. Попросите напарника посмотреть на вас со стороны во время приседания или запишите на видео. Если линия от плеча до бедра уходит далеко вперед за носки – наклон слишком большой. Чем сильнее наклоняетесь вперед, тем больше нагрузка на поясницу. Позвоночник начинает работать как рычаг, и межпозвоночные диски получают опасную перегрузку.

2. Траектория штанги – строго вертикально, без «восьмерки». Закрепить на конце грифа лазерную указку (или просто повесить отвес на веревочке). Когда штанга смещается вперед, вы теряете равновесие, начинаете компенсировать это спиной и коленями, что является частой причиной потери контроля равновесия и резких травм.

3. Колени не должны заходить внутрь проекции стоп. Самый надежный способ – видеосъемка спереди, так как на замедленном про-

Таблица 3. Минимальный набор контрольных параметров техники приседаний со штангой и интерпретация индекса травмоопасности [7]

Контрольный параметр	Допустимое значение (безопасная зона)	Критическое значение (опасная зона)	Вес в индексе
Наклон туловища (α , °)	≤ 15	≥ 30	0,30
Вальгус колена (V , мм)	≤ 10	≥ 25	0,25
Смещение колена (S , см)	≤ 2	≥ 8	0,20
Асимметрия углов сгибания коленей (A , °)	≤ 3	≥ 10	0,15
Отрыв пяток (H)	отсутствует	присутствует	0,10
Интерпретация интегрального индекса			
Значение	Уровень риска	Рекомендация	
$< 0,2$	Низкий	Техника безопасна, можно увеличивать нагрузку	
0,2–0,5	Умеренный	Требуется коррекция отдельных параметров	
0,5–0,8	Высокий	Необходима немедленная техническая доработка, снижение веса	
0,8	Очень высокий	Прекратить выполнение с весом, вернуться к базовым упражнениям	

смотре хорошо видно, как колени ведут себя в нижней точке. Можно также присесть перед зеркалом, что дает мгновенную обратную связь.

4. Пятки нельзя отрывать от пола. Для проверки предлагаем простой тест – подложите под пятки лист бумаги. Если во время приседа вы можете вытащить этот лист – значит, пятка оторвалась. Другой вариант – попробовать пошевелить пальцами ног в нижней точке: если можете – вес ушел на носки, а это ошибка.

5. Асимметрия – разница в глубине сгибания ног не более 5°. Попросите помощника посмотреть на вас спереди или снимите себя на видео. Для более точной проверки можно использовать приложение-угломер, приложите его к бедру и голени – так можно измерить угол сгибания каждой ноги.

Внедрение критериев в тренировочный процесс на начальных этапах подготовки позволит тренерам и спортсменам своевременно выявлять и корректировать биомеханические нарушения, предотвращая развитие хронических перегрузок и острых травм опорно-двигательного аппарата.

Следует отметить, что перспективным направлением является автоматизация контроля с использованием систем видеонализа и мобиль-

ных приложений, что сделает биомеханическую оценку доступной для широкого круга занимающихся.

Проведенное исследование выявило, что начинающие спортсмены при выполнении приседаний со штангой демонстрируют статистически значимые отклонения от технического эталона по сравнению с опытными: наклон туловища у них больше в два раза, вальгусное отклонение коленей – в три с половиной раза, а передне-заднее смещение штанги и асимметрия движений – в три раза.

Избыточный наклон туловища создает повышенный разгибающий момент в поясничном отделе позвоночника, угрожая здоровью спины, а выраженный вальгус коленей и асимметрия увеличивают нагрузку на переднюю крестобразную связку и мениски, что является ведущей причиной коленных травм.

Для практического решения этой проблемы в работе предложен минимальный набор из пяти контрольных параметров, а также интегральный индекс травмоопасности, которые позволяют проводить экспресс-оценку техники непосредственно в тренировочном процессе и своевременно корректировать ошибки и снизить риск травматизма.

Литература

1. Голованов, В.А. Понятие о спортивных травмах. Факторы, способствующие возникновению спортивной травмы и причины ее возникновения / В.А. Голованов // E-Scio. – 2022. – № 5(68). – С. 1–4. – EDN: OKGFLZ.
2. Подзоров, А.В. Травмы в пауэрлифтинге : учебно-метод. пособие / А.В. Подзоров, П.Е. Федоров, А.В. Бердник. – Анжеро-Судженск : МБ ФСУ СШ «Сибиряк», 2020. – 44 с.
3. Старкова, Е.В. Обучение технике выполнения приседания со штангой на плечах / Е.В. Старкова, А.С. Любимова // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 12. – С. 37–38. – EDN: OGNOEM.
4. Цветков, А.С. Проблема здоровьесбережения квалифицированных спортсменов в силовых видах спорта / А.С. Цветков, Л.С. Кузнецова // Актуальные проблемы и перспективы развития физической культуры, спортивной тренировки, рекреации и фитнеса, адаптивной и оздоровительно-восстановительной физической культуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Липецк, 2023. – С. 245–248.

References

1. Golovanov, V.A. Ponyatie o sportivnykh travmakh. Faktory, sposobstvuyushchie vozniknoveniyu sportivnoj travmy i prichiny ee vozniknoveniya / V.A. Golovanov // E-Scio. – 2022. – № 5(68). – S. 1–4. – EDN: OKGFLZ.
2. Podzorov, A.V. Travmy v pauerliftinge : uchebno-metod. posobie / A.V. Podzorov, P.E. Fedorov, A.V. Berdnik. – Anzhero-Sudzhensk : MB FSU SSH «Sibiryak», 2020. – 44 s.
3. Starkova, E.V. Obuchenie tekhnike vypolneniya prisedaniya so shtangoj na plechakh / E.V. Starkova, A.S. Lyubimova // Teoriya i praktika fizicheskoy kultury. – 2020. – № 12. – S. 37–38. – EDN: OGNOEM.
4. TSvetkov, A.S. Problema zdorovesberezheniya kvalifitsirovannykh sportsmenov v silovykh vidakh sporta / A.S. TSvetkov, L.S. Kuznetsova // Aktualnye problemy i perspektivy razvitiya fizicheskoy kultury, sportivnoj trenirovki, rekreatsii i fitnesa, adaptivnoj i ozdorovitelno-vosstanovitelnoj fizicheskoy kultury : materialy Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Lipetsk, 2023. – S. 245–248.

© А.Е. Тарасов, Н.Ю. Разжигаета, А.З. Добрянцева, У.А. Афанасьева, 2026

ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ВЫПУСКНИКОВ К ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С.Н. ШАДРИНА

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,
г. Якутск*

Ключевые слова и фразы: молодой учитель; профессиональная адаптация; социальная адаптация; наставничество; профессиональные затруднения; школа; педагогические кадры.

Аннотация: В статье рассматривается феномен профессиональной и социальной адаптации молодых учителей в системе общего образования. Актуальность статьи обусловлена высоким уровнем ухода учителей из профессии в первые годы педагогической практики. Согласно статистике, до 40 % молодых учителей покидают школу в течение первых трех лет, что подтверждает остроту проблемы. В работе анализируются современные подходы к определению адаптации, описываются ее ключевые этапы и типичные профессиональные затруднения начинающих учителей. Отмечается, что наиболее сложными аспектами являются планирование урока в соответствии с требованиями ФГОС, поддержание дисциплины в классе, взаимодействие с родителями и ведение школьной документации. Также выявляются внутренние и внешние факторы, влияющие на скорость и качество адаптации: уровень базовой подготовки, мотивация, психологический климат в коллективе, материально-технические условия труда. Особое внимание уделяется институту наставничества и комплексному сопровождению как основным механизмам успешного вхождения молодого педагога в профессию. Было выявлено, что эффективное наставничество предполагает не только методическую, но и эмоциональную поддержку, а также сбалансированное распределение полномочий. Дополнительно рассматриваются формы методической работы (семинары, посещение и анализ уроков), способствующие сокращению адаптации и снижению профессионального выгорания. В заключение сделан вывод о необходимости разработки системных программ наставничества и социально-психологического сопровождения в каждой образовательной организации.

Начало педагогической карьеры является критическим периодом в профессиональном становлении молодого учителя. Разрыв между теоретическими знаниями, полученными в вузе, и реалиями школьной практики часто становится причиной разочарования в профессии и увольнения молодых специалистов. От того, насколько успешно пройдет адаптация молодого специалиста, зависит, останется ли он в школе или же покинет ее в первые годы. Учитель начальных классов находится в особой зоне риска: он несет не только ответственность за обучение детей, но и выполняет функции классного руководителя, воспитателя, психолога для младших школьников и их родителей.

Анализ профессиональных затруднений молодых педагогов показывает, что они носят

комплексный характер. Эмпирические исследования, проведенные в различных регионах России, позволяют выделить несколько ключевых групп проблем [1–4].

1. *Методические и организационные трудности.* Начинающие учителя часто испытывают сложности с разработкой учебно-методической документации, календарно-тематическим планированием, выбором эффективных методов и приемов обучения. Им не хватает опыта в вопросах поддержания дисциплины и порядка на уроке, а также в осуществлении функций классного руководителя.

2. *Коммуникативные трудности.* Наибольшие затруднения, по данным ряда исследований, связаны со взаимодействием с родителями учащихся. Молодым педагогам также

сложно выстраивать эффективную коммуникацию с учениками и находить общий язык с более опытными коллегами в новом для них педагогическом коллективе.

3. *Социально-психологические трудности.* Этот блок включает напряжение, вызванное условиями труда, боязнь несоответствия ожиданиям, неуверенность в себе, а также проблемы социального контакта, которые могут приводить к межличностным конфликтам. Исследователи также отмечают наличие кризиса жизненных стратегий, связанного с переосмыслением своего места в профессии [3; 5].

Успешность преодоления указанных трудностей напрямую зависит от наличия в школе выстроенной системы поддержки. Ключевым механизмом и раньше признавался институт наставничества; наставничество и сегодня рассматривается как универсальная технология передачи опыта, знаний и компетенций через неформальное общение, основанное на доверии и партнерстве, однако практика показывает, что в школах эта система не всегда работает эффективно. Респонденты отмечают, что часто программа наставничества носит характер редких консультаций. Анализ проблем позволяет сформулировать три главных направления поддержки начинающих педагогов.

1. Реформа наставничества: переход от формального закрепления наставников к системе регулярного профессионального сопровождения с посещением и анализом уроков, совместным планированием, решением педагогических ситуаций.

2. Снижение бюрократической нагрузки: автоматизация документооборота, предоставление готовых шаблонов и образцов, обучение работе с документацией еще на этапе вузовской подготовки.

3. Психологическая поддержка: введение системы психологического сопровождения для педагогов первых трех лет работы, обучение навыкам бесконфликтного общения с родителями и стрессоустойчивости.

К числу основных проблем организации наставничества относятся [6]:

- недостаток у опытных педагогов специальных компетенций для осуществления наставнической деятельности;
- нерегулярный характер взаимодействия с молодыми специалистами;
- отсутствие адекватной оплаты или иных форм стимулирования труда наставников.

В качестве решения этих проблем предлагается развитие как внутришкольных, так и внешних (внешкольных) форм наставничества: оптимальными средствами могут стать цифровые платформы, позволяющие молодым педагогам получать квалифицированные консультации по конкретным запросам.

Кроме того, важным условием успешной адаптации является создание региональных педагогических кластеров, объединяющих усилия школ, управлений образования и высших учебных заведений. Такое взаимодействие позволяет не только сопровождать молодого специалиста, но и своевременно корректировать содержание подготовки будущих учителей в вузах и колледжах с учетом реальных запросов школы.

Современная школа остро нуждается в молодых кадрах, однако процесс вхождения в профессию для выпускников педагогических вузов остается сложным и болезненным. Так, анализ анкет 48 молодых специалистов позволил выявить ключевые зоны напряжения, влияющие на решение педагога остаться в профессии.

Большинство опрошенных молодых учителей (36 из 48) признают: практическая часть в университете уступала теоретической. Это наблюдение полностью подтверждается данными научных исследований – выпускники бакалавриата чувствуют себя наименее подготовленными к работе с особыми категориями учащихся: детьми с низкой учебной мотивацией, детьми-инофонами (не владеющими или слабо владеющими русским языком), детьми с ограниченными возможностями здоровья, которые часто обучаются в обычных классах [7; 8]. Университетская программа дает понимание педагогических теорий, однако не формирует у студентов готовность к решению конкретных практических задач.

Опрос молодых учителей о профессиональных затруднениях в первый год показывает, что наибольшую сложность вызывает заполнение школьной документации. Эта проблема заняла первое место в опросе – ее упомянули 36 из 48 респондентов. Молодые специалисты признаются, что не владеют практическими навыками ведения журналов, составления отчетов и оформления личных дел. В качестве решения учителя предлагают обучать будущих педагогов вести автоматизированную систему ведения документации (электронный дневник). В ходе работы ведение отчетностей становится для на-

чинающего педагога не просто дополнительной работой, а источником хронического стресса.

Несмотря на конфликтные ситуации, отношения с учениками редко становятся причиной ухода из профессии – гораздо сложнее молодым учителям дается взаимодействие с родителями (по поводу оценок, поведения и требований к учащимся): их отметили 32 из 48 опрошенных, указывая на излишнюю требовательность родителей учащихся. Администрация школы нередко упоминается в графе факторов, вызывающих у респондентов недовольство, наравне с низкой заработной платой. Молодой специалист оказывается зажат между требованиями руководства, претензиями родителей и необходимостью вести учебный процесс.

Хроническая усталость становится фоновым состоянием для начинающего учителя. Из 48 респондентов 32 отметили у себя проходящее переутомление, 12 – накопительное, которое не исчезает после отдыха; многие респонденты указывают на психическое утомление к концу рабочей недели. Накопительное переутомление – это прямой путь к профессиональному выгоранию, которое в педагогической среде наступает стремительно [9; 10]. 8 педагогов из опрошенных находятся в поисках другой профессии, ссылаясь на стресс и непомерную нагрузку, как на основополагающие факторы.

Формально система наставничества в школах существует: у 44 из 48 респондентов имеется закрепленный наставник, но на практике ежедневно с наставником общаются только 12 респондентов. Доминирующее количество респондентов – 24 человека – обращаются к наставникам при исключительной необходимости, а оставшиеся 8 респондентов не общаются с наставниками. Помощь, по данным респондентов, преимущественно заключается в заполнении документации, реже в советах по поводу рабочего процесса и крайне редко (в 8 случаях) упоминается посещение уроков с последующим профессиональным анализом. Из ответов респондентов можно сделать вывод, что молодые педагоги недовольны эффективностью системы наставничества, несмотря на теоретическую эффективность наставничества. В рамках федеральных проектов «Учитель будущего», «Школа будущего» и целевой модели наставничества, утвержденной Минпросвещения Рос-

сии, разработаны программы, направленные на формирование у молодых специалистов коммуникативных, предметных и методических компетенций [11; 12]. Практика показывает, что успешная адаптация возможна при системном подходе, в которой ведется диагностика профессиональных затруднений наставляемого, совместное планирование и анализ уроков, помощь в разработке рабочих программ, консультации по работе с родителями и вовлечение в работу методических объединений.

Несмотря на возникающие трудности, большинство молодых учителей (36 из 48) сомневаются и не выражают полной готовности уйти из профессии. В опросе основной причиной нахождения в профессии стали учащиеся. Вторым значимым стимулом оказалась заработная плата. Эти данные свидетельствуют о том, что при создании адекватных условий труда и увеличении поддержки молодые специалисты готовы продолжать работать в школе.

По итогу работы можно выделить важность создания эффективной системы поддержки начинающих учителей начальных классов, которая должна стать приоритетной задачей для каждой образовательной организации. Адаптация молодого специалиста к работе в школе представляет собой сложный и многоступенчатый процесс, от успеха которого зависит не только судьба конкретного учителя, но и кадровая стабильность системы образования в целом. Современные научные исследования позволяют выделить основные зоны профессиональных затруднений начинающих педагогов – от методической неопытности до сложностей в коммуникации с родителями.

Преодоление этих трудностей требует комплексного подхода, ключевым элементом которого является развитый институт наставничества, однако для его эффективной работы недостаточно формального закрепления наставников – необходима системная поддержка наставников, включающая их обучение и мотивацию. Перспективными направлениями также являются использование цифровых платформ для консультации и создание региональных образовательных кластеров, обеспечивающих непрерывность педагогического образования и сопровождения молодых кадров на этапе их профессионального старта.

Литература

1. Вопросы профессиональной адаптации молодых учителей обсуждены на конференции АСВУОО // Управление образования Якутска. – 27 января 2026.
2. Абдуллаева, Ж.Р. Адаптация молодого педагога в среднем профессиональном образовании (Чеченской Республики): факторы влияния и уровень адаптации : выпускная квалификационная работа (магистратура) / Ж.Р. Абдуллаева. – М. : НИУ ВШЭ, 2025.
3. Пермяков, А.В. Профессионально-личностное становление молодых педагогов как фактор устойчивого развития региона / А.В. Пермяков, П.А. Петряков, А.Г. Ширин, А.Д. Цывунина, М.Н. Певзнер // Вестник НГПУ. – 2024. – № 5.
4. Публичный доклад управления образования администрации Надеждинского муниципального района за 2020–2021 учебный год // Управление образования администрации Надеждинского муниципального района, 2026.
5. Ковалевская, М.И. Современные социологические подходы к пониманию социальной адаптации молодого специалиста / М.И. Ковалевская, М.В. Рыбакова // Социально-гуманитарные знания. – 2025. – № 2. – EDN: GGLHIZ.
6. Белолуцкая, А.К. Как организовать наставничество в школе? Рекомендации по организации профессионального наставничества в образовательных организациях Москвы / А.К. Белолуцкая, А.В. Головина, Г.Г. Гурин [и др.]. – М. : Авторский Клуб, 2024. – 28 с. – ISBN: 978-5-907027-84-8.
7. Давыдова, И.В. Анализ самооценки профессиональных затруднений молодых педагогов в образовательных организациях: из опыта муниципалитета / И.В. Давыдова, Т.Н. Семенкова // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. – 2025. – № 2(34). – DOI: 10.21603/2542-1840-2025-9-2-213-223. – EDN: TPXTXN.
8. Ковалевская, М.И. Модель социальной адаптации молодого специалиста в системе общего образования / М.И. Ковалевская // Социология. – 2025. – № 6. – EDN: UQQLYQ.
9. Бахлова, Н.А. Синдром эмоционального выгорания как проблема современной общеобразовательной школы / Н.А. Бахлова, С.Д. Машонский, Д.О. Михеева // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – № 88-1. – С. 392–395. – EDN: NYSGWC.
10. Капустина, В.А. Личностные предикторы эмоционального выгорания у педагогов средней школы / В.А. Капустина, Д.В. Чернышева // Перспективы науки и образования. – 2023. – № 4(64). – С. 522–538. – DOI: 10.32744/pse.2023.4.32. – EDN: DHQLJH.
11. Проект Наставничество // Наурский РОО, 2026 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://roo-naur.educhr.ru/index.php?component=public_custom_pages&page_id=30038944
12. Национальные проекты России, 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://национальныепроекты.пф/news/sovremenny-uchitel-kak-natsproekt-podderzhivaet-pedagogov-v-rossii>.

References

1. Voprosy professionalnoj adaptatsii molodykh uchitelej obsuzhdeny na konferentsii ASVUOO // Upravlenie obrazovaniya YAkutsk. – 27 yanvarya 2026.
2. Abdullaeva, ZH.R. Adaptatsiya molodogo pedagoga v srednem professionalnom obrazovanii (SHechenskoj Respubliki): faktory vliyaniya i uroven adaptatsii : vypusknaya kvalifikatsionnaya rabota (magistratura) / ZH.R. Abdullaeva. – M. : NIU VSHE, 2025.
3. Permyakov, A.V. Professionalno-lichnostnoe stanovlenie molodykh pedagogov kak faktor ustojchivogo razvitiya regiona / A.V. Permyakov, P.A. Petryakov, A.G. SHirin, A.D. TSyvunina, M.N. Pevzner // Vestnik NGPU. – 2024. – № 5.
4. Publichnij doklad upravleniya obrazovaniya administratsii Nadezhdinskogo munitsipalnogo rajona za 2020–2021 uchebnij god // Upravlenie obrazovaniya administratsii Nadezhdinskogo munitsipalnogo rajona, 2026.
5. Kovalevskaya, M.I. Sovremennye sotsiologicheskie podkhody k ponimaniyu sotsialnoj adaptatsii molodogo spetsialista / M.I. Kovalevskaya, M.V. Rybakova // Sotsialno-gumanitarnye znaniya. – 2025. – № 2. – EDN: GGLHIZ.

6. Belolutsкая, A.K. Kak organizovat nastavnichestvo v shkole? Rekomendatsii po organizatsii professionalnogo nastavnichestva v obrazovatelnykh organizatsiyakh Moskvy / A.K. Belolutsкая, A.V. Golovina, G.G. Gurin [i dr.]. – M. : Avtorskiy Klub, 2024. – 28 s. – ISBN: 978-5-907027-84-8.
 7. Davydova, I.V. Analiz samootsenki professionalnykh zatrudnenij molodykh pedagogov v obrazovatelnykh organizatsiyakh: iz opyta munitsipaliteta / I.V. Davydova, T.N. Semenkov // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye i obshchestvennye nauki. – 2025. – № 2(34). – DOI: 10.21603/2542-1840-2025-9-2-213-223. – EDN: TPXTXN.
 8. Kovalevskaya, M.I. Model sotsialnoj adaptatsii molodogo spetsialista v sisteme obshchego obrazovaniya / M.I. Kovalevskaya // Sotsiologiya. – 2025. – № 6. – EDN: UQQLYQ.
 9. Bakhlova, N.A. Sindrom emotsionalnogo vygoraniya kak problema sovremennoj obshcheobrazovatelnoj shkoly / N.A. Bakhlova, S.D. Mashonskiy, D.O. Mikheeva // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2025. – № 88-1. – S. 392–395. – EDN: NYSGWC.
 10. Kapustina, V.A. Lichnostnye prediktory emotsionalnogo vygoraniya u pedagogov srednej shkoly / V.A. Kapustina, D.V. Chernysheva // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2023. – № 4(64). – S. 522–538. – DOI: 10.32744/pse.2023.4.32. – EDN: DHQLJH.
 11. Proekt Nastavnichestvo // Naurskiy ROO, 2026 [Electronic resource]. – Access mode : https://roo-naur.educhr.ru/index.php?component=public_custom_pages&page_id=30038944
 12. Natsionalnye proekty Rossii, 2024 [Electronic resource]. – Access mode : <https://natsionalnyeproekty.rf/news/sovremennyy-uchitel-kak-natsproekt-podderzhivaet-pedagogov-v-rossii>.
-

© С.Н. Шадрина, 2026

РОЛЬ ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РАЗВИТИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

Н.О. ГОРДОВА, А.А. ДАРБАСОВ, МАКЗАТБЕК УУЛУ АДИЛЕТ, С.И. КОЛОДЕЗНИКОВА

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,
г. Якутск*

Ключевые слова и фразы: финансовое обеспечение; физическая культура и спорт; спортивная инфраструктура; региональное развитие; бюджетное финансирование.

Аннотация: В статье рассматривается влияние финансового обеспечения на развитие физической культуры и спорта в Республике Саха (Якутия) с учетом специфики региона, низкой плотности населения и высокой стоимости создания и содержания спортивной инфраструктуры. Проведена оценка особенностей динамики и структуры финансирования отрасли в рамках реализации Стратегии развития физической культуры и спорта до 2030 г., а также их влияния на доступность спортивных услуг. Цель исследования – оценить роль финансового обеспечения физической культуры и спорта в Республике Саха (Якутия). Для достижения цели решались следующие задачи: проанализировать динамику и структуру финансирования отрасли в 2021–2025 гг.; выявить влияние объемов финансирования на развитие спортивной инфраструктуры и вовлеченность населения; оценить территориальные особенности распределения финансовых ресурсов. В качестве гипотезы исследования выдвинуто предположение о том, что в условиях Республики Саха (Якутия) финансовое обеспечение выступает системообразующим фактором развития физической культуры и спорта, при этом наибольшее влияние оказывают инвестиции в инфраструктуру, а неравномерность распределения ресурсов и высокая доля затрат на содержание объектов снижают общую эффективность отрасли. В исследовании применялись такие методы, как анализ динамики финансирования, сравнительный анализ, экономико-аналитический метод и обобщение данных. В результате установлено, что увеличение финансирования способствует росту доступности спортивной инфраструктуры, повышению вовлеченности населения и развитию массового спорта. Вместе с тем доказана необходимость перехода к более эффективной модели распределения ресурсов.

Физическая культура и спорт занимают значимое место в системе государственной социальной политики, выступая одним из ключевых инструментов повышения качества жизни населения, укрепления здоровья и формирования человеческого капитала [9]. В регионах с особыми природно-климатическими условиями, к которым относится Республика Саха (Якутия), значение финансового обеспечения данной сферы существенно возрастает, поскольку именно оно определяет возможности ее устойчивого функционирования и развития [3].

Под финансовым обеспечением физической культуры следует понимать совокупность экономических механизмов, обеспечивающих формирование, распределение и целевое ис-

пользование денежных ресурсов, направленных на развитие спортивной инфраструктуры, кадрового потенциала, организацию физкультурно-массовых мероприятий и поддержку профильных учреждений [2].

На современном этапе система финансирования отрасли носит многоканальный характер и включает несколько ключевых источников: бюджетные средства различных уровней (федерального, регионального и муниципального), внебюджетные поступления (в том числе спонсорские средства, частные инвестиции и доходы от оказания платных услуг), а также механизмы государственно-частного партнерства [5]. Соотношение указанных источников варьируется в зависимости от социально-экономиче-

ских условий конкретного региона [8].

В Республике Саха (Якутия) структура финансирования имеет выраженную специфику, характеризующуюся преобладанием бюджетных ресурсов. Такая ситуация обусловлена совокупностью факторов, включая территориальную удаленность населенных пунктов, низкую плотность населения, а также высокие затраты на строительство и эксплуатацию спортивных объектов в условиях сурового климата [1].

В соответствии со стратегическими ориентирами развития физической культуры и спорта в регионе до 2030 г. данная отрасль рассматривается не только как социальный институт, но и как инструмент решения широкого круга социально-экономических задач [6]. К их числу относятся повышение уровня здоровья населения, формирование устойчивой мотивации к ведению здорового образа жизни и расширение вовлеченности граждан в систематические занятия физической культурой. Результативность реализации стратегических целей напрямую определяется не только объемом выделяемых средств, но и их структурой, а также эффективностью механизмов распределения и использования финансовых ресурсов [4].

Развитие физической культуры и спорта в Республике Саха (Якутия) во многом определяется масштабом и особенностями распределения финансовых ресурсов, предусмотренных в Стратегии развития отрасли до 2030 г. (распоряжение Правительства РС(Я) № 152-р с изменениями 2025 г.). Финансирование в данном случае выступает не просто инструментом поддержки, а ключевым условием функционирования всей системы физической культуры в регионе.

При рассмотрении вопросов финансирования необходимо учитывать специфику территории. Крайне низкие температуры, значительная удаленность населенных пунктов друг от друга, а также высокая стоимость строительства и эксплуатации объектов формируют особые условия, при которых традиционные подходы к оценке расходов, применяемые в центральных регионах страны, оказываются недостаточно корректными. Это обуславливает необходимость интерпретации финансовых показателей с учетом региональных факторов.

В период реализации стратегических мероприятий в 2021–2025 гг. отмечается устойчивая тенденция роста финансирования отрасли. Согласно данным региональных программ, сово-

купные расходы в отдельные годы превышали 8–10 млрд рублей, включая как средства республиканского бюджета, так и федеральные трансферты [6]. Существенная часть этих ресурсов – до 60–70 % – направлялась на развитие материально-технической базы, что отражает приоритет инфраструктурного направления в региональной политике [6].

Наиболее заметное увеличение финансирования связано с реализацией проектов по строительству и модернизации спортивных объектов. Речь идет о физкультурно-оздоровительных комплексах, универсальных спортивных залах, а также объектах, расположенных в сельской местности. За период 2021–2024 гг. введение и обновление нескольких десятков объектов позволило повысить доступность спортивной инфраструктуры и увеличить ее пропускную способность.

Показатель финансирования в расчете на одного жителя в Якутии превышает среднероссийские значения, что объясняется необходимостью компенсации географических особенностей. В ряде случаев уровень расходов достигал 6–8 тыс. рублей на человека, что значительно выше аналогичных показателей в большинстве регионов страны [6]. Подобная ситуация отражает повышенную нагрузку на бюджет, связанную с обеспечением минимально необходимого уровня доступности услуг. При этом распределение финансовых ресурсов остается неравномерным.

Наглядным подтверждением данной специфики может служить сопоставление с Магаданской областью, обладающей сходными природно-климатическими условиями. В рамках государственной программы развития физической культуры и спорта Магаданской области общий объем финансирования отрасли в отдельные годы составлял порядка 2–3 млрд рублей, что при значительно меньшей численности населения обеспечивает сопоставимый, а в отдельные периоды и более высокий уровень расходов на душу населения [7]. При этом, как и в Якутии, значительная доля средств (более половины) направляется на развитие и содержание спортивной инфраструктуры, включая строительство физкультурно-оздоровительных комплексов и обеспечение функционирования объектов в условиях Крайнего Севера.

Для наглядности приведем сравнительные параметры финансирования Республики Саха (Якутия) и Магаданской области за 2023 г. на

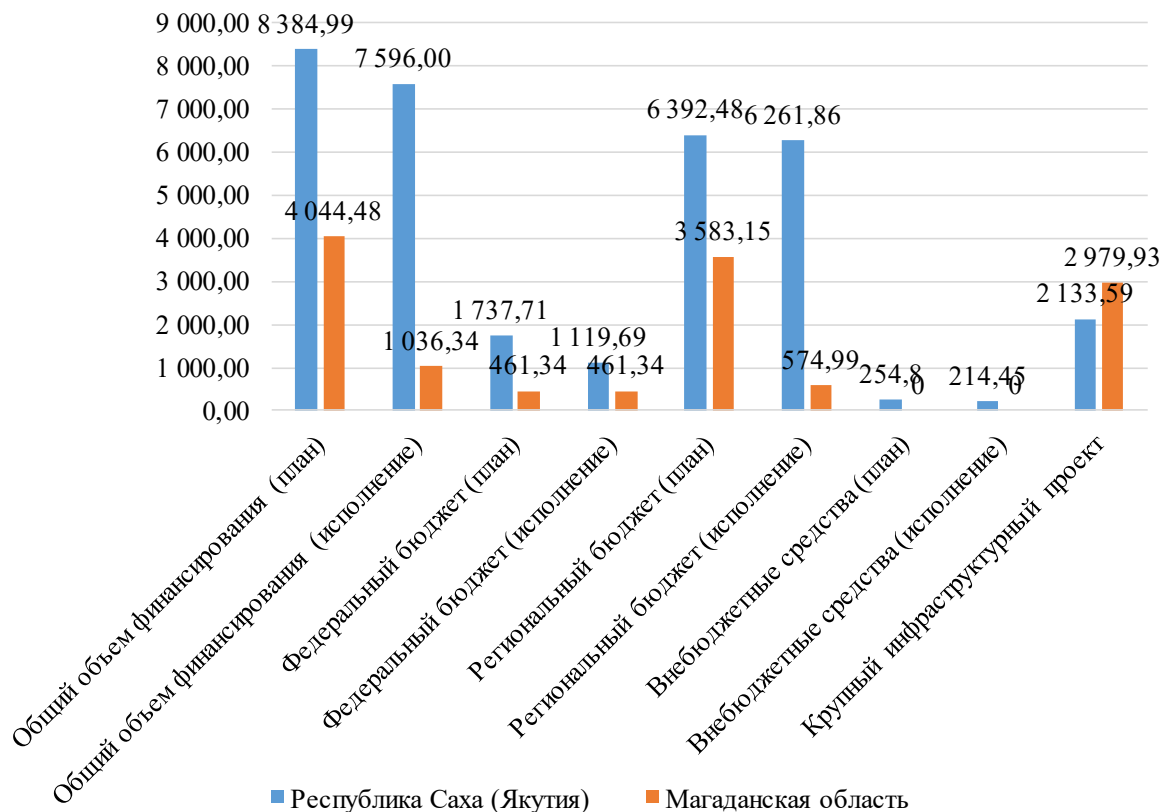


Рис. 1. Сравнение финансового обеспечения в развитии физической культуры в Республике Саха (Якутия) и Магаданской области за 2023 г.

рис. 1.

Из данных рис. 1 можно сделать вывод, что Республика Саха (Якутия) характеризуется более высоким общим объемом финансирования (8,38 млрд руб. против 4,04 млрд руб.), а также значительно более высоким уровнем исполнения бюджета (90,59 % против 25,6 %), что свидетельствует о большей стабильности и управляемости финансовых процессов. Существенную роль играет и наличие внебюджетных источников (214,45 млн руб.), тогда как в Магаданской области они практически отсутствуют, что усиливает зависимость последней от бюджетных средств.

В то же время структура расходов в Магаданской области отличается высокой концентрацией ресурсов в отдельных крупных инфраструктурных проектах (около 2,98 млрд руб.), что обуславливает неравномерность освоения средств и снижает общий уровень исполнения бюджета. В Якутии финансирование распределяется более сбалансированно, охватывая как инфраструктурное развитие, так и текущее функционирование отрасли. При этом в обоих

регионах значительную долю составляют региональные бюджеты, что подчеркивает ключевую роль субъектов РФ в обеспечении развития физической культуры и спорта.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на схожие природно-климатические условия, регионы демонстрируют различную модель финансовой политики: в Якутии – более комплексную и устойчивую, в Магаданской области – более проектно-ориентированную и зависимую от отдельных крупных вложений.

Данное сравнение позволяет выявить не только общие черты финансовой политики северных регионов, но и характерные для них проблемы территориального распределения ресурсов.

Основной объем инвестиций сосредоточен в крупных населенных пунктах, в первую очередь в столице республики, тогда как в удаленных районах сохраняется дефицит спортивной инфраструктуры. Результаты анализа показывают, что уровень обеспеченности объектами в сельской местности может отставать от город-

ского на 30–40 %, что свидетельствует о наличии территориального дисбаланса.

Динамика финансирования также не отличается равномерностью. В отдельные периоды фиксируется резкое увеличение расходов, связанное с реализацией крупных проектов, после чего наблюдается их стабилизация или сокращение. Подобный характер изменений указывает на зависимость отрасли от программно-целевых механизмов и объемов поступающих федеральных средств.

Значительную долю в структуре расходов занимают затраты на текущее содержание объектов. В условиях Крайнего Севера расходы на отопление, энергоснабжение и транспортировку ресурсов достигают 40–50 % бюджетов учреждений, что ограничивает возможности для расширения инвестиционной активности и реализации новых проектов.

Сопоставление полученных данных позволяет говорить о наличии устойчивой связи между уровнем финансирования и вовлеченностью населения в занятия физической культурой. В Якутии наблюдается положительная динамика данного показателя, который постепенно приближается к целевым значениям, установленным на уровне около 70 % к 2030 г. [6].

Особенности региона усиливают зависимость отрасли от бюджетного финансирования. В отличие от территорий с развитой рыночной инфраструктурой, где наибольшую роль играют

частные инвестиции, в Якутии именно государственные ресурсы остаются основным источником развития.

Проведенный анализ позволяет выделить основные эффекты увеличения финансирования. Они проявляются в расширении доступности спортивных объектов, росте вовлеченности населения, улучшении качества предоставляемых услуг, а также в развитии массового и детско-юношеского спорта.

Вместе с тем сохраняется ряд проблем. К ним относятся: высокая зависимость от бюджетных источников, недостаточное участие частного сектора, территориальная неравномерность распределения средств, а также значительная доля расходов, направляемых на содержание уже существующей инфраструктуры.

Таким образом, финансовое обеспечение в Республике Саха (Якутия) выполняет базовую, системообразующую функцию. Без достаточного объема ресурсов невозможно не только развитие, но и стабильное функционирование отрасли.

С учетом выявленных особенностей актуальным становится переход от экстенсивной модели финансирования (увеличение объемов) к интенсивной (повышение эффективности и оптимизация структуры расходов), включая развитие механизмов государственно-частного партнерства и внедрение энергоэффективных технологий.

Литература

1. Олейник, Н.С. Анализ финансирования физической культуры и спорта в Российской Федерации / Н.С. Олейник // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 1(150). – С. 100–103. – EDN: ROLFLJ.
2. Батина, М.Д. Государственное финансирование физической культуры и спорта в Российской Федерации / М.Д. Батина // Научный лидер. – 2025. – № 40(241). – С. 63–67. – EDN: DLHAIW.
3. Урдяков, Р.Р. Анализ социально-экономической политики и формирование концепции развития физической культуры и спорта в регионах России / Урдяков Р.Р. // Инновационное развитие экономики. – 2024. – № 3(81). – С. 82–89. – EDN: CONGPI.
4. Яковенко, И.С. Влияние государственной программы РФ «Развитие физической культуры и спорта» на укрепление и развитие здоровья населения России / И.С. Яковенко // Управление экономическими системами. – 2020. – № 2(30). – С. 50–54. – EDN: IPTNFX.
5. Перькова, Е.Ю. Структура финансирования спортивной инфраструктуры, созданной в субъектах Российской Федерации / Е.Ю. Перькова // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2018. – Т. 7. – № 1(22). – С. 215–218. – EDN: YWYKMS.
6. Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Республике Саха (Якутия) на период до 2030 года : распоряжение Правительства Республики Саха (Якутия) от 26 февр. 2021 г. № 152-р (в ред. от 11 нояб. 2025 г.). – Якутск, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/574664030>.

7. Об утверждении государственной программы Магаданской области «Развитие физической культуры и спорта в Магаданской области» (с изменениями на 19 января 2024 года) : Постановление Правительства Магаданской области от 1 июня 2022 года № 484-пп. – Магадан, 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/406079021/titles>.

8. Степыко, Д.Г. Анализ реализации проектов развития спортивной инфраструктуры в Российской Федерации / Д.Г. Степыко, Д.С. Александров, Д.В. Грачева, Д.А. Фарзалиев // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 9. – С. 9–11. – EDN: YZLPPT.

9. Соломахина, Т.Р. Финансирование физической культуры и спорта в Российской Федерации / Т.Р. Соломахина, Е.В. Скриплева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 219–224. – EDN: UZDTDL.

10. Департамент физической культуры и спорта Магаданской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sport.49gov.ru>.

11. Министерство по физической культуре и спорту Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minsport.sakha.gov.ru>.

References

1. Olejnik, N.S. Analiz finansirovaniya fizicheskoy kultury i sporta v Rossijskoj Federatsii / N.S. Olejnik // Ekonomika i predprinimatelstvo. – 2023. – № 1(150). – С. 100–103. – EDN: ROLFLJ.

2. Batina, M.D. Gosudarstvennoe finansirovanie fizicheskoy kultury i sporta v Rossijskoj Federatsii / M.D. Batina // Nauchnij lider. – 2025. – № 40(241). – С. 63–67. – EDN: DLHAIW.

3. Urdyakov, R.R. Analiz sotsialno-ekonomicheskoy politiki i formirovanie kontseptsii razvitiya fizicheskoy kultury i sporta v regionakh Rossii / Urdyakov R.R. // Innovatsionnoe razvitie ekonomiki. – 2024. – № 3(81). – С. 82–89. – EDN: COHGPI.

4. YAKovenko, I.S. Vliyanie gosudarstvennoj programmy RF «Razvitie fizicheskoy kultury i sporta» na ukreplenie i razvitie zdorovya naseleniya Rossii / I.S. YAKovenko // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami. – 2020. – № 2(30). – С. 50–54. – EDN: IPTNFX.

5. Perkova, E.YU. Struktura finansirovaniya sportivnoj infrastruktury, sozdannoj v subektakh Rossijskoj Federatsii / E.YU. Perkova // Azimut nauchnykh issledovanij: ekonomika i upravlenie. – 2018. – Т. 7. – № 1(22). – С. 215–218. – EDN: YWYKMS.

6. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya fizicheskoy kultury i sporta v Respublike Sakha (Yakutiya) na period do 2030 goda : rasporyazhenie Pravitelstva Respubliki Sakha (Yakutiya) ot 26 fevr. 2021 g. № 152-r (v red. ot 11 noyab. 2025 g.). – Yakutsk, 2021 [Electronic resource]. – Access mode : <https://docs.cntd.ru/document/574664030>.

7. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Magadanskoj oblasti «Razvitie fizicheskoy kultury i sporta v Magadanskoj oblasti» (s izmeneniyami na 19 yanvarya 2024 goda) : Postanovlenie Pravitelstva Magadanskoj oblasti ot 1 iyunya 2022 goda № 484-pp. – Magadan, 2022 [Electronic resource]. – Access mode : <https://docs.cntd.ru/document/406079021/titles>.

8. Stepyko, D.G. Analiz realizatsii proektov razvitiya sportivnoj infrastruktury v Rossijskoj Federatsii / D.G. Stepyko, D.S. Aleksandrov, D.V. Gracheva, D.A. Farzaliev // Teoriya i praktika fizicheskoy kultury. – 2017. – № 9. – С. 9–11. – EDN: YZLPPT.

9. Solomakhina, T.R. Finansirovanie fizicheskoy kultury i sporta v Rossijskoj Federatsii / T.R. Solomakhina, E.V. Skripleva // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj selskokhozyajstvennoj akademii. – 2023. – № 2. – С. 219–224. – EDN: UZDTDL.

10. Departament fizicheskoy kultury i sporta Magadanskoj oblasti [Electronic resource]. – Access mode : <https://sport.49gov.ru>.

11. Ministerstvo po fizicheskoy kulture i sportu Respubliki Sakha (Yakutiya) [Electronic resource]. – Access mode : <https://minsport.sakha.gov.ru>.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. НИЧУРАЗОВА, Я.А. ГУДИЛОВ, А.В. ФИРСОВ

*ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»,
г. Москва*

Ключевые слова и фразы: визуализация; обучение; легкая промышленность; технологические процессы; цифровая среда; дополненная реальность; виртуальная реальность.

Аннотация: Цель исследования заключается в обосновании применения визуализации технологических процессов как инструмента повышения эффективности обучения сотрудников предприятий легкой промышленности. Для достижения цели поставлены следующие задачи: рассмотреть теоретические основы визуализации и классификацию методов представления информации; проанализировать существующие подходы к визуализации технологических процессов в легкой промышленности; определить преимущества и ограничения традиционных и цифровых средств визуального сопровождения обучения; предложить направления разработки и внедрения интерактивных средств визуализации, включая технологии виртуальной и дополненной реальности; сформулировать практические рекомендации по их использованию в корпоративной образовательной среде. Гипотеза исследования состоит в том, что применение наглядных, интерактивных и иммерсивных средств визуализации технологических процессов способствует более быстрому и осознанному усвоению учебного материала, повышает мотивацию сотрудников и снижает трудности освоения сложных производственных операций. В работе использованы методы анализа научной и методической литературы, обобщения существующих практик обучения персонала, классификации методов визуализации, сравнительного анализа их преимуществ и ограничений, а также проектного моделирования возможных направлений внедрения визуальных технологий. В результате исследования уточнена роль визуализации в обучении сотрудников легкой промышленности, систематизированы основные методы представления технологической информации, выявлены перспективные направления применения интерактивной графики, инфографики, визуализации данных, а также AR- и VR-технологий, предложены рекомендации по повышению эффективности подготовки персонала за счет интеграции визуальных инструментов в образовательный процесс предприятий.

Введение

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, визуализация становится все более важным инструментом для эффективного обучения и понимания сложных процессов. Особенно это актуально для легкой промышленности, где технологические процессы часто сложны и многогранны, а современные технологии текстильной промышленности требуют постоянной адаптации мето-

дов обучения.

В контексте легкой промышленности визуализация может быть использована для обучения сотрудников новым технологиям, повышения качества продукции и оптимизации производственных процессов.

Актуальность темы обусловлена следующими факторами.

- Сложность технологических процессов в легкой промышленности. Многие процессы в легкой промышленности являются сложными и

многоэтапными, что затрудняет их понимание и освоение. Визуализация позволяет упростить эти процессы и сделать их более доступными для сотрудников.

- Необходимость повышения эффективности обучения. В условиях быстро меняющегося рынка и растущей конкуренции предприятия легкой промышленности сталкиваются с необходимостью постоянного обучения и повышения квалификации своих сотрудников. Визуализация может стать эффективным инструментом для достижения этих целей.

- Важность повышения мотивации сотрудников. Визуализация может повысить мотивацию сотрудников к обучению и работе, что, в свою очередь, может привести к повышению производительности и качества продукции.

- Перспективы развития технологий визуализации. Технологии визуализации постоянно развиваются и совершенствуются, что открывает новые возможности для их применения в обучении и повышении эффективности производственных процессов.

Цель исследования – разработать и внедрить новые методы визуализации технологических процессов в легкой промышленности для повышения эффективности обучения сотрудников.

Задачи исследования:

- изучить теоретические основы визуализации технологических процессов:
 - определить понятие «визуализация»;
 - рассмотреть виды и методы визуализации;
 - выявить преимущества и недостатки визуализации;
- проанализировать существующие методы визуализации в легкой промышленности:
 - описать существующие методы визуализации;
 - оценить эффективность существующих методов;
 - выявить проблемы и недостатки существующих методов;
- разработать новые методы визуализации, которые будут способствовать повышению эффективности обучения сотрудников:
 - определить принципы разработки новых методов;
 - предложить примеры новых методов визуализации;
 - оценить потенциальную эффективность новых методов.

В ходе исследования были выделены следующие аспекты.

1. Понятие визуализации. В работах отечественных и зарубежных авторов рассмотрены различные подходы к определению понятия «визуализация». Выявлено, что визуализация означает процесс представления информации в наглядной и понятной форме, способствующий лучшему усвоению материала и повышению мотивации к обучению.

2. Применение визуализации в обучении сотрудников. Установлено, что визуализация может быть использована для обучения новым технологиям, повышения качества продукции и оптимизации производственных процессов. Автоматизация производственных процессов становится ключевым фактором устойчивого развития текстильной индустрии.

3. Перспективы развития методов визуализации. В исследованиях рассмотрены тенденции развития методов визуализации, такие как использование современных технологий, разработка новых методов визуализации и другие. Определено, что методы визуализации будут развиваться в направлении повышения эффективности обучения и повышения мотивации сотрудников, подчеркивается роль машинного обучения в проектировании многослойных тканей.

Визуализация представляет собой процесс подачи информации в наглядной и понятной форме. Она может быть использована для представления сложных технологических процессов, которые трудно понять и усвоить без наглядного представления.

Виды и методы визуализации

Существует множество видов и методов визуализации, которые могут быть использованы для представления технологических процессов. К ним относятся:

- графики и диаграммы – используются для представления количественных данных;
- таблицы – используются для представления структурированной информации;
- схемы и модели – используются для представления сложных процессов;
- видео и анимация – используются для представления динамических процессов.

Выбор метода визуализации зависит от целей и задач обучения, а также от особенностей восприятия информации аудиторией.

Преимущества и недостатки визуализации

Преимущества визуализации включают:

- повышение эффективности обучения: визуализация позволяет лучше усвоить информацию;
- улучшение восприятия информации: визуализация делает информацию более понятной и запоминающейся;
- повышение мотивации к обучению: визуализация делает обучение более интересным и увлекательным.

Недостатки визуализации включают:

- сложность разработки эффективных методов визуализации: разработка эффективных методов визуализации требует времени и усилий;
- необходимость адаптации методов визуализации к особенностям аудитории: методы визуализации должны быть адаптированы к уровню знаний и опыту аудитории.

Анализ существующих методов визуализации

В настоящее время существует множество методов визуализации технологических процессов, которые могут быть использованы в легкой промышленности.

1. Графики и диаграммы: используются для представления количественных данных о технологических процессах.
2. Таблицы: используются для представления структурированной информации о технологических процессах. Таблицы позволяют упорядочить данные, сделать их более удобными для восприятия и анализа.
3. Схемы и модели: используются для представления сложных технологических процессов. Схемы и модели позволяют наглядно представить структуру, состав, последовательность операций и другие характеристики технологических процессов.
4. Видео и анимация: используются для представления динамических процессов. Видео и анимация позволяют наглядно представить движение, изменение состояния, взаимодействие элементов и другие характеристики динамических процессов.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Графики и диаграммы позволяют наглядно представить количе-

ственные данные, но могут быть сложными для восприятия. Таблицы позволяют упорядочить данные, но могут быть громоздкими и трудными для анализа. Схемы и модели позволяют наглядно представить сложные процессы, но могут быть сложными для разработки. Видео и анимация позволяют наглядно представить динамические процессы, но могут быть сложными для создания.

В последние годы наблюдается тенденция к развитию новых методов визуализации, которые сочетают в себе преимущества существующих методов и устраняют их недостатки.

- Интерактивные графики и диаграммы: позволяют пользователям взаимодействовать с данными, изменять параметры и получать новые результаты.
- Инфографика: позволяет представить сложную информацию в виде простых и понятных образов.
- Визуализация данных: позволяет представить данные в виде графиков, диаграмм, таблиц и других форматов, которые легко воспринимаются и анализируются.
- Визуализация процессов: позволяет представить сложные процессы в виде схем, моделей и других форматов, которые легко воспринимаются и запоминаются.
- Дополненная и виртуальная реальность: позволяют пользователям погрузиться в виртуальный мир и взаимодействовать с объектами и процессами в реальном времени.

Новые возможности методов визуализации

Развитие методов визуализации открывает новые возможности для обучения сотрудников.

- Повышение эффективности обучения: новые методы визуализации позволяют представить информацию в более понятной и доступной форме, что способствует лучшему усвоению материала.
- Улучшение восприятия информации: новые методы визуализации делают информацию более наглядной и запоминающейся, что способствует лучшему восприятию.
- Повышение мотивации к обучению: новые методы визуализации делают обучение более интересным и увлекательным, что способствует повышению мотивации.
- Адаптация к индивидуальным потребностям: новые методы визуализации позволяют

адаптировать обучение к индивидуальным потребностям сотрудников, что способствует повышению эффективности обучения.

Итоги исследования

В ходе исследования были изучены теоретические основы визуализации технологических процессов, проанализированы существующие методы визуализации в легкой промышленности, разработаны новые методы визуализации и оценена их эффективность на практике.

Были выявлены преимущества и недостатки существующих методов визуализации, а также определены перспективы развития методов визуализации в обучении сотрудников.

Выводы

Новые методы визуализации, такие как интерактивные графики и диаграммы, инфогра-

фика, визуализация данных, визуализация процессов, дополненная и виртуальная реальность, имеют большой потенциал для развития и применения в обучении сотрудников.

Для дальнейшего развития темы рекомендуется продолжить исследования в следующих направлениях.

- Разработка новых методов визуализации, которые будут учитывать особенности восприятия информации аудиторией.

- Адаптация существующих методов визуализации к новым условиям и требованиям рынка.

- Оценка эффективности новых методов визуализации на практике.

- Внедрение новых методов визуализации в образовательный процесс.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки методических рекомендаций по применению новых методов визуализации в обучении сотрудников в легкой промышленности.

Литература

1. ISO 11612:2015. Protective clothing. Clothing to protect against heat and flame. – International Organization for Standardization, 2015. – 39 p.

2. Фирсов, А.В. Алгоритмический выбор и комбинирование UI-паттернов для веб-интерфейсов промышленных предприятий на основе деревьев решений и онтологического моделирования / А.В. Фирсов, И.М. Чикунов, П.Е. Каршаков // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2026. – № 6(201). – С. 121–126. – EDN: POKKOI.

3. Ничуразова, А.А. Разработка автоматизированных методов производства многослойных текстильных материалов с визуализацией технологических процессов / А.А. Ничуразова, Я.А. Гудилов // Современные исследования в области техники и технологий : Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Симферополь, 2025. – С. 693–701. – EDN: BHDIAK.

References

2. Firsov, A.V. Algoritmicheskij vybor i kombinirovanie UI-patternov dlya veb-interfejsov promyshlennykh predpriyatij na osnove derevev reshenij i ontologicheskogo modelirovaniya / A.V. Firsov, I.M. Chikunov, P.E. Karshakov // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2026. – № 6(201). – S. 121–126. – EDN: POKKOI.

3. Nichurazova, A.A. Razrabotka avtomatizirovannykh metodov proizvodstva mnogoslujnykh tekstilnykh materialov s vizualizatsiej tekhnologicheskikh protsessov / A.A. Nichurazova, YA.A. Gudilov // Sovremennye issledovaniya v oblasti tekhniki i tekhnologij : Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Simferopol, 2025. – S. 693–701. – EDN: BHDIAK.

© А.А. Ничуразова, Я.А. Гудилов, А.В. Фирсов, 2026

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ В СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ИКТ

Е.В. САМСОНОВА, О.Р. ЗАБИРОВА

*Елабужский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
г. Елабуга;
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
г. Казань*

Ключевые слова и фразы: информационно-коммуникационные технологии (ИКТ); дистанционное обучение; средняя общеобразовательная школа; обучение английскому языку; технологическое развитие человечества; эксперимент; анализ; система образования.

Аннотация: Цель работы: изучить особенности организации дистанционного обучения английскому языку в средней общеобразовательной школе на базе современных ИКТ. В ходе исследования авторы выполнили следующие задачи: рассмотреть понятие и особенности дистанционных технологий в обучении; проанализировать специфику организации дистанционного обучения английскому языку; провести опытно-экспериментальную работу по организации дистанционного обучения английскому языку в средней общеобразовательной школе на базе современных ИКТ. Гипотеза исследования: дистанционное обучение английскому языку в средней общеобразовательной школе будет эффективным, если организовать его на базе современных ИКТ. Методы исследования: теоретический анализ психолого-педагогической литературы; эмпирические методы (педагогический эксперимент, анкетирование, тестирование); математические методы. Результаты работы заключаются в том, что в ней выделены особенности организации дистанционного обучения английскому языку на современном этапе развития образования, которые могут использоваться в работе с обучающимися средней школы для получения высоких результатов.

Организация обучения с использованием современных дистанционных образовательных технологий помогает реализовать принципы личностно ориентированного и деятельностного подходов в обучении, обеспечивает индивидуализацию и дифференциацию учебного процесса с учетом способностей и потребностей учащихся [1; 4].

Цель опытно-экспериментальной работы: проверить гипотезу о том, что дистанционное обучение английскому языку в средней общеобразовательной школе будет эффективным, если организовать его на базе современных ИКТ.

Для проверки этой гипотезы опытно-экспериментальная работа была организована в три этапа.

1. *Констатирующий этап.* Определение

исходного уровня знаний и умений учащихся в области дистанционного обучения английскому языку.

2. *Формирующий этап.* Проведение работы по организации дистанционного обучения английскому языку на базе современных ИКТ.

3. *Контрольный этап.* Анализ и интерпретация результатов опытно-экспериментальной работы.

Участники опытно-экспериментальной работы – обучающиеся 7-го класса, занимающиеся по УМК *Spotlight*. Это учитывалось в процессе подбора материалов для диагностики и при организации дистанционного обучения английскому языку с использованием ИКТ. В соответствии с делением класса на подгруппы при изучении английского языка, учащиеся

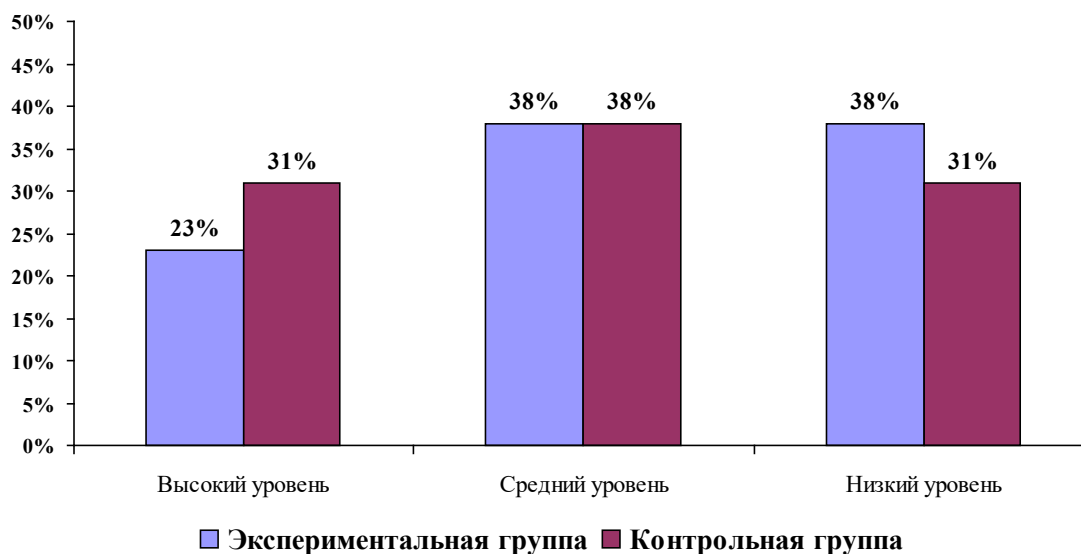


Рис. 1. Распределение испытуемых по уровню знаний и умений на констатирующем этапе

были разделены на экспериментальную и контрольную группы по 13 человек в каждой.

В соответствии с темой исследования диагностика уровня знаний и умений учащихся по английскому языку также проводилась с использованием дистанционных форм работы. Учащимся было предложено выполнить задания с Интернет-портала *Online Test Pad* (<https://onlinetestpad.com/ru/tests/english/7class>) [3].

На констатирующем этапе для диагностики использовалось тестовое задание по модулю 3 учебника «*Spotlight – 7*», который учащиеся полностью освоили к моменту проведения диагностики. Оценка уровня знаний и умений учащихся проводилась на основе степени выполнения ими задания:

- 76–100 % – высокий уровень;
- 51–75 % – средний уровень;
- 0–50 % – низкий уровень.

По итогам обработки результатов тестирования обнаружилось, что высокий уровень знаний и умений учащихся по английскому языку, выявленных с использованием дистанционных форм работы, имеют 23 % учащихся в экспериментальной группе и 31 % школьников в контрольной группе.

Средний уровень знаний и умений учащихся по английскому языку характерен для 38 % школьников в экспериментальной группе и для такого же количества учащихся в контрольной группе.

Низкий уровень знаний и умений учащихся

по английскому языку был выявлен у 38 % учащихся в экспериментальной группе и у 31 % в контрольной группе.

Наглядно результаты, полученные на констатирующем этапе, отражены на рис. 1.

Таким образом, в начале опытно-экспериментальной работы для большинства учащихся характерен недостаточный уровень знаний и умений по английскому языку, выявленных посредством использования дистанционных форм работы.

Мы считаем, что дистанционное обучение английскому языку в средней общеобразовательной школе будет эффективным, если организовать его на базе современных ИКТ. Для этого нами организован формирующий этап работы.

На формирующем этапе опытно-экспериментальной работы нами было организовано дистанционное обучение в экспериментальной группе с использованием современных ИКТ.

Работа проводилась в течение 4 недель. Программа предусматривает 3 урока английского языка в неделю, поэтому всего нами было проведено 12 уроков.

Уроки проводились в очной форме, соответствующей требованиям организации обучения в образовательной организации. Поэтому, чтобы реализовать цель опытно-экспериментальной работы, дистанционное обучение мы сделали частью проводимой работы и использовали его как форму домашней работы учащихся.

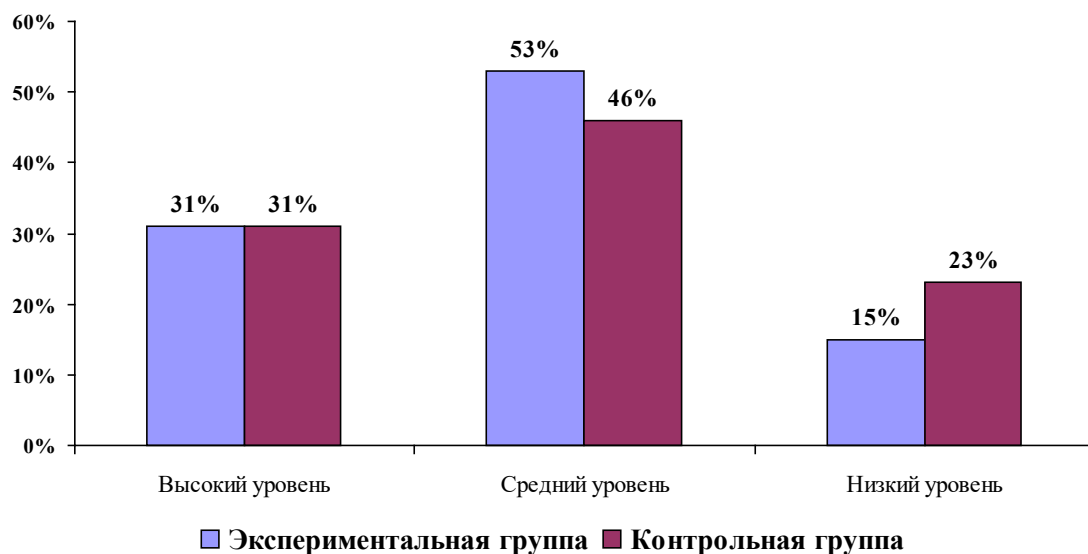


Рис. 2. Распределение испытуемых по уровню знаний и умений на контрольном этапе

ся, а также как элемент самостоятельной работы школьников на уроках английского языка.

В частности, одной из форм организации дистанционного взаимодействия с учащимися с использованием современных ИКТ стало консультирование, в процессе которого мы использовали различные типы современных средств коммуникации – электронную почту, мессенджеры (*Whatsapp*), социальные сети (Вконтакте), программы для видеосвязи (*Skype*) и организации видеоконференций (*Zoom*). Посредством консультирования решались следующие задачи:

- помощь учащимся в выполнении домашней работы или самостоятельной работы в рамках определенных тем или разделов (модулей) программы;
- развитие знаний и умений учащихся в области английского языка в соответствии с содержанием курса и возрастными особенностями школьников;
- помощь в углубленном изучении наиболее интересных аспектов изучения языка, оказываемая самым активным и одаренным учащимся в классе.

При освоении тем школьного курса мы также предлагали учащимся воспользоваться ресурсами образовательного Интернет-портала «Библиотека видеоуроков по школьной программе» (<http://interneturok.ru>) [2], при помощи которого школьники могли существенно углубить свои знания по школьной программе, еще

раз обратиться к темам, которые были непоняты ими в ходе классной работы. Материалы портала использовались учащимися также в качестве источника учебного материала, применяющегося как в классной, так и в домашней работе.

Использование этих ИКТ было полезно также и тем, что оно позволяло с легкостью отслеживать историю переписки с учащимися, а использование инструментов поиска по сообщениям позволяло практически мгновенно определить, какие темы больше всего интересуют конкретного школьника, что в обучении ему дается легче всего, а что вызывает трудности.

На контрольном этапе мы провели повторную диагностику уровня знаний и умений учащихся в экспериментальной и контрольной группах, сопоставительный анализ полученных результатов и оценку эффективности работы, проведенной на формирующем этапе опытно-экспериментальной работы.

По итогам обработки результатов повторного тестирования школьников обнаружилось, что высокий уровень знаний и умений по английскому языку, выявленных с использованием дистанционных форм работы, имеют теперь 31 % учащихся в экспериментальной группе (на 8 % больше) и столько же – 31 % школьников в контрольной группе (не изменилось).

Средний уровень знаний и умений учащихся по английскому языку характерен для 53 % школьников в экспериментальной группе

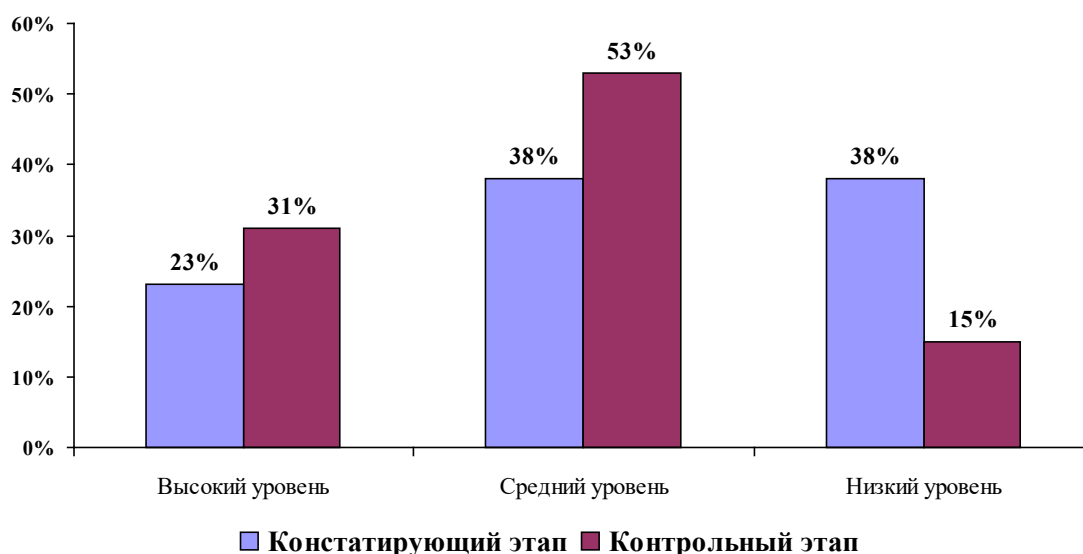


Рис. 3. Изменение уровня знаний и умений учащихся в экспериментальной группе

(на 15 % больше, чем на первом этапе) и для 46 % учащихся в контрольной группе (на 8 % больше).

Низкий уровень знаний и умений учащихся по английскому языку был выявлен при повторной диагностике у 15 % учащихся в экспериментальной группе (на 23 % меньше) и у 23 % в контрольной группе (на 8 % меньше).

Наглядно результаты, полученные на контрольном этапе, отражены на рис. 2.

Мы видим, что изменения, произошедшие в уровне знаний и умений по английскому языку у учащихся в экспериментальной группе,

гораздо более выражены, чем у школьников из контрольной группы. Это проиллюстрировано на рис. 3.

Таким образом, мы можем объяснить более выраженное изменение уровня знаний и умений у учащихся из экспериментальной группы тем, что дистанционное обучение с ними было организовано более эффективно. Тем самым можно сделать вывод о том, что дистанционное обучение английскому языку в средней общеобразовательной школе действительно становится более эффективным, если организовать его на базе современных ИКТ.

Литература

1. Библиотека видеоуроков по школьной программе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://interneturok.ru>.
2. Online Test Pad [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://onlinetestpad.com/ru/tests/english/7class>.
3. Самсонова, Е.В. Формирование умений и навыков учебно-исследовательской деятельности как основа гностического критерия оценки готовности будущего учителя к инновационной деятельности / Е.В. Самсонова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2019. – № 2(113). – С. 123–126. – EDN: ZABRJZ.

References

1. Biblioteka video-urokov po shkolnoj programme [Electronic resource]. – Access mode : <http://interneturok.ru>.
2. Online Test Pad [Electronic resource]. – Access mode : <https://onlinetestpad.com/ru/tests/english/7class>.
3. Samsonova, E.V. Formirovanie umenij i navykov uchebno-issledovatel'skoj deyatel'nosti

kak osnova gnosticheskogo kriteriya otsenki gotovnosti budushchego uchitelya k innovatsionnoj deyatel'nosti / E.V. Samsonova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2019. – № 2(113). – S. 123–126. – EDN: ZABRJZ.

© Е.В. Самсонова, О.Р. Забирова, 2026

ФОРМИРОВАНИЕ САМОСОЗНАНИЯ, САМООПРЕДЕЛЕНИЯ И САМОРАЗВИТИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ СРЕДСТВАМИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ФИЗКУЛЬТУРНЫХ АКТИВНОСТЕЙ

Б.Д. ЮСУПОВ, В.Л. КАЛМАНОВИЧ

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань

Ключевые слова и фразы: самосознание; самоопределение; национальные двигательные активности; национальные традиции; культурная идентичность.

Аннотация: Цель исследования – изучение роли национальных традиций и культурных аспектов в формировании самосознания, самоопределения и саморазвития студентов. В статье рассмотрена роль национальных игр и культурных практик в формировании самосознания, самоопределения и саморазвития.

В качестве гипотезы выступает предположение о том, что интеграция национальных традиций в физкультурно-оздоровительную деятельность учебных заведений способствует не только сохранению культурного наследия, но и повышению мотивации студентов, а также улучшению их социальных взаимоотношений.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: изучить влияние культуры на физическое воспитание молодежи; рассмотреть роль национальных практик как инструмента формирования личности; оценить вклад таких мероприятий в социализацию студенческой среды и обосновать необходимость их интеграции в образовательный процесс.

Научная новизна исследования состоит в том, что в нем впервые описано влияние культуры и национальных традиций на физическое воспитание молодежи Татарстана. Методологическую базу составили эмпирические методы исследования.

В ходе исследования было установлено, что физкультурно-оздоровительные мероприятия способствуют улучшению социальных взаимоотношений в молодежной среде. Ценность использования национальных традиций в физкультурно-оздоровительной деятельности учебных заведений состоит в том, что национальные традиции способствуют сохранению культурного наследия. Практическая значимость исследования состоит в обосновании необходимости интеграции национальных традиций в физкультурно-оздоровительную деятельность вузов для повышения мотивации студентов, сохранения культурного наследия и формирования самосознания, самоопределения и саморазвития студенческой молодежи.

В современном образовательном контексте национальные традиции и культурные аспекты играют важную роль в формировании физкультурно-оздоровительной деятельности студентов. Значительное внимание уделяется разнообразию национальных игр и видов спорта, особенно в контексте их культурной обусловленности в структурных характеристиках студенческой популяции [7]. Формируется со-

циокультурный профиль, фиксируемый через распределение предпочтений к национальным видам спорта: доля студентов с выраженной культурной заинтересованностью достигает 40,1 %. Обеспечение выбора и многообразия спортивных дисциплин становится фактором, объясняющим такую структуру [12]. Доля студентов, демонстрирующих отсутствие интереса к национальным видам спорта, составляет

3,9 %. Физкультурно-оздоровительная деятельность выступает как ресурс физической активности и сохранения здоровья, что зафиксировано у 36,2 % студентов [11]. Национальные виды спорта интерпретируются как средство поддержания физической формы и освоения культурно-исторического наследия этнокультурной общности [13].

Эмпирическая база исследования формируется данными, которые получены в ходе анкетирования, проведенного в выборке студенческого контингента семи крупных высших учебных заведений Республики Татарстан.

Методологический инструментарий исследования охватывает анкетирование студентов, использование количественных и качественных методов анализа собранных данных, а также сравнительный анализ показателей физкультурно-оздоровительной деятельности в высших учебных заведениях Республики Татарстан.

Целевое назначение исследования состоит в анализе роли национальных традиций как средства организации физкультурно-оздоровительной деятельности в высших учебных заведениях Республики Татарстан.

Распространенность спортивной деятельности в высших учебных заведениях Татарстана подтверждается функционированием спортивных секций в 85,3 % вузов; данное соотношение отражает интенсивность и значимость физической активности в студенческой среде. Проведение физкультурных мероприятий и спортивных соревнований фиксируется в 59,9 % учреждений; при этом практику интеграции элементов национальных праздников, ориентированных на физическую активность и здоровье, обнаруживают лишь 23,7 % вузов.

Высокий уровень удовлетворенности реализацией физкультурно-оздоровительного направления в вузах проявляется в положительных оценках 88,5 % студентов, преимущественно квалифицируемых как «отлично» или «хорошо». Регулярность занятий физической культурой, 1–2 раза в неделю (76,3 % студентов), выявляет восприятие данной частоты как достаточной для поддержания здоровья и физической формы [10].

Осознание прямой связи физической активности и состояния здоровья выражается у 68,9 % студентов. Проявление интереса у 73 % респондентов к внесению изменений в программу физической подготовки при сопутствующем высоком уровне удовлетворенности

организацией занятий рассматривается как индикатор востребованности программных усовершенствований [1; 6].

Организационно-методические усилия образовательных учреждений направлены на стимулирование интереса к физической активности посредством формирования гибких учебных графиков и создания условий для занятий, сопровождаемых систематизированным информированием о программах и мерах, ориентированных на поддержание здорового образа жизни [2; 3].

Результаты анализа физической активности студентов высших учебных заведений характеризуются преобладанием командных игр (52,8 %), индивидуальных видов спорта (37,8 %) и фитнеса (33,2 %). Уровни участия в национальных играх, национальных видах спорта и национальных танцах составляют 26 %, 24 % и 22,3 % соответственно; данная структура свидетельствует о снижении интереса к традиционным национальным формам. Эти данные обеспечивают основу для разработки программных и организационных мероприятий, нацеленных на расширение вовлеченности студентов в разнообразные формы физической активности с акцентом на национальные виды спорта и традиционные игры [4].

Интересно, что лишь 10,1 % респондентов сообщили, что их вуз проводит программы по здоровому образу жизни, что означает, что большинство учебных заведений либо не активно внедряют такие программы, либо студенты недостаточно информированы о возможностях, предоставляемых вузом. Это подчеркивает потребность в разработке и активной пропаганде программ, способствующих здоровому образу жизни [5; 8].

Анализ показал, что основными причинами неучастия студентов в физической активности выступают – отсутствие желания (68,2 %), недостаток времени (64,1 %) и ограниченные возможности (68,4 %). При этом интерес к физической активности у студентов оценивается на разных уровнях: 52,5 % проявляют интерес, в то время как 47,5 % не выражают такой заинтересованности [9].

Физкультурно-оздоровительные мероприятия также способствуют улучшению социальных взаимоотношений между студентами, по мнению большинства опрошенных (65 % суммарно «Да» и «Иногда»). Обновление спортивного оборудования считается важным для

улучшения направления физической подготовки в вузе для половины опрошенных студентов (50,5 %), но другая половина (49,5 %) не считает это приоритетом.

Аналогичное разделение наблюдается и в отношении улучшения спортивных программ (48,2 % – «за» и 51,8 % – «против»).

Программы, направленные на социализацию и совместную деятельность, могут заинтересовать дополнительные 28,8 % студентов, которые ищут друзей через физкультурно-оздоровительные мероприятия. Организация тематических вечеров, соревнований и праздничных мероприятий способствует развитию коммуникативной активности в студенческой среде. Проведение прогулочных и походных форм физической активности, включая велосипедные мероприятия, совмещает физическую нагрузку и укрепление социальных связей в условиях неформального взаимодействия. Учитывая заинтересованность 18,9 % опрошенных в национальном празднике «Сабантуй», представляется целесообразным расширение спортивно-культурных мероприятий, связанных с данной традицией [9].

Программное обеспечение и спортивно-организационные мероприятия для образовательных и спортивных учреждений должны предусматривать интеграцию национальных видов спорта и сопряженных культурных практик. Формирование комплекса семинаров, мастер-классов, соревнований и иных мероприятий направлено на комплексное включение спортивных и культурных компонентов соответствующих дисциплин.

По итогам аналитического исследования выявлено, что 49,6 % опрошенных студентов отмечают значимость национальных видов спорта и сопутствующих культурных практик; 41,2 % респондентов декларируют нейтральную позицию, что трактуется как проявление информационного дефицита. К барьерам процесса популяризации относятся недостаточность финансирования (28,3 %) и дефицит квалифицированных специалистов (22,1 %). Реализация мероприятий по совершенствованию инфраструктуры и материально-технической базы рассматривается как условие обеспечения развития занятий национальными видами спорта в образовательных учреждениях. Положительная оценка уровня оснащения учреждений выражена у 30,4 % и 30,9 % респондентов.

Свыше 84,3 % студентов оценивают про-

ведение национальных соревнований и праздничных мероприятий в учебных заведениях как фактор продвижения национальной культуры Татарстана. Организационно-просветительная функция указанных мероприятий интерпретируется как способствующая распространению и сохранению регионального культурного наследия. Статистические данные фиксируют проведение фестивалей и конкурсов, посвященных национальной культуре, лишь у 48,8 % респондентов. Зафиксирован дефицит национальных спортивных секций и недостаточность целенаправленных мер по интеграции элементов национальной культуры в практику физкультурно-оздоровительной деятельности (69,1 % респондентов).

По результатам обобщения эмпирических данных констатируется недостаточность системного и активного подхода к внедрению элементов национальной культуры в практику физкультурно-оздоровительной деятельности. Выявленные в ходе исследования факторы представляют исходный материал для анализа механизмов причинной обусловленности и для разработки практико-ориентированных рекомендаций, направленных на оптимизацию существующей ситуации.

Ценностное значение интеграции национальных традиций в организационно-педагогическую практику физкультурно-оздоровительной деятельности образовательных учреждений отражено в позиции части респондентов. 65,9 % опрошенных фиксируют применение национальных традиций как фактор сохранения элементов культурного наследия, указывающий на функции механизмов передачи и воспроизводства уникальных культурных признаков. Для 35,9 % участников значимость национальных традиций определяется их вкладом в укрепление связи с семейно-культурными корнями и традициями, обеспечивающими поддержание историко-культурной идентичности молодежи. Включение национальных традиций в практику физкультурно-оздоровительной деятельности связано с ростом мотивации к занятиям физической культурой и формированию здорового образа жизни у 29,5 % участников. Взаимодействие национально-культурных практик и физической культуры положительно влияет на волевую регуляцию (49,5 %), уровень самооценки (32,9 %) и психоэмоциональное состояние (38,0 %) студентов, что указывает на взаимосвязь между физической активностью и психо-



Рис. 1. Повышение интереса у молодежи к спорту и физкультуре в Татарстане



Рис. 2. Каким образом традиции национальной культуры Татарстана реализуются на физкультурно-оздоровительных мероприятиях в вашем вузе?

логическим благополучием молодежи [8; 9].

Подавляющее большинство респондентов, составляющее 73,3 %, выразили мнение, что создание уникальной спортивной атмосферы, связанной с традициями и культурой родного региона, может служить важным стимулом для активных занятий физической культурой и спортом [9].

Представим вашему вниманию несколько диаграмм результатов нашего исследования, проведенного со студентами семи крупных вузов Республики Татарстан:

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что национальные и региональные спортивные мероприятия и игры либо недостаточно интегрированы в учебный процесс большинства вузов, либо их участие ограничено. Это поднимает вопрос о необходимости пересмотра культурно-образовательной политики в учебных заведениях с целью внедрения эле-

ментов национальной культуры для обогащения опыта студентов и продвижения культурного наследия региона.

Данное исследование также выявило, что активная интеграция национальных культурных традиций в физкультурно-оздоровительные мероприятия в вузах Татарстана не является систематической и широкомасштабной практикой. При наличии отдельных инициатив по организации соревнований и мероприятий национального характера фиксируется отсутствие выраженной интеграции национальных традиций в учебно-воспитательный процесс по физической культуре и спорту у значительной части студенческой аудитории (80,2 %).

Отмечается, что национально-региональная программа по физической культуре и спорту рассматривается в качестве ключевого инструмента не только развития спортивной деятельности, но и сохранения и продвижения нацио-



Рис. 3. Как сочетание национальных традиций и физической культуры может помочь противостоять психологическим проблемам у молодежи?

нальных традиций, что было зафиксировано у 74,7 % опрошенных; комплексный характер данного подхода рассматривается как способствующий гармоничному развитию общества посредством укрепления физического и культурного здоровья нации.

Обоснование значимости интеграции национальной культуры в физкультурно-оздоровительную практику опирается на результаты эмпирического анализа; внедрение элементов национальной культуры выступает инструментом укрепления культурной идентичности, мотивации к занятиям физической культурой и спортом, а также интеграции национальных групп в Республике Татарстан, что отражено в данных 45,6 % респондентов.

Результаты исследования выявляют по-

требность в интеграции национальных и региональных спортивных мероприятий, в том числе национальных игр, в учебно-воспитательные процессы вузов Республики Татарстан. Отсутствие систематической практики и ограниченная представленность национальных игр обуславливают необходимость пересмотра культурно-образовательной политики высших учебных заведений. Расширение студенческого опыта, поддержка и сохранение национального культурного наследия, а также стимулирование физкультурно-оздоровительной активности обучающихся обозначены как эффект интеграционных мероприятий, обеспечивающий развитие личности и укрепление общественных институтов.

Литература

1. Абдрашитов, Р.И. Взаимосвязь ценностно-смысловой сферы личности, здоровья и качества жизни студентов технического вуза / Р.И. Абдрашитов, В.Л. Калманович, Ш.Р. Юсупов // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2023. – № 12-1(153). – С. 34–39. – EDN: ZCOPLP.
2. Битшева, И.Г. Занятия физической культурой как условие здоровьесбережения студентов в современном вузе / И.Г. Битшева // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 8. – С. 125–129. – DOI: 10.17513/snt.39278. – EDN: MUWAW.
3. Битшева, И.Г. Педагогический потенциал физкультурно-оздоровительного пространства современного вуза в процессе здоровьесбережения студентов / И.Г. Битшева // Антропологическая дидактика и воспитание. – 2022. – № 2. – С. 50–59. – EDN: ALPHNF.
4. Гарифуллин, Р.Ш. Формирование мотивации студентов к занятиям по физической культуре посредством применения перспективной физкультурно-оздоровительной программы / Р.Ш. Гарифуллин, В.Л. Калманович, Р.Р. Хайруллин // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2020. – № 12-3. – С. 34–36. – DOI: 10.37882/2223-2982.2020.12-3.09. – EDN: OJUAVW.
5. Ишмухаметова, Н.Ф. Формирование ценностно-смысловой сферы личности современных студентов / Н.Ф. Ишмухаметова, И.Г. Битшева, В.Л. Калманович // Вестник Казанского государ-

ственного университета культуры и искусств. – 2025. – № 4. – С. 194–197. – EDN: JJOQCR.

6. Калимуллина, О.А. Воспитание патриотизма молодежи: история, современность, пути решения / О.А. Калимуллина // Владимир Яковлевич Слепов: Учитель, Ученый, Наставник (к 100-летию со дня рождения В.Я. Слепова) : Материалы межведомственной научной конференции с международным участием. – СПб. : Типография Академии войск национальной гвардии, 2025. – С. 177–182. – EDN: ZNZMDE.

7. Калимуллина, О.А. Формирование физкультурно-оздоровительного направления в вузах Республики Татарстан / О.А. Калимуллина, И.Г. Битшева, В.Л. Калманович // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2024. – № 7(160). – С. 148–152. – EDN: НТКТСУ.

8. Калманович, В.Л. Теоретические аспекты гуманизации и духовности физической культуры студентов вузов в образовательной деятельности / В.Л. Калманович // Социально-культурная деятельность: векторы исследовательских и практических перспектив : материалы Международной электронной научно-практической конференции. – Казань, 2020. – С. 89–94. – EDN: НБYRSX.

9. Калманович, В.Л. Эффективность применения национально-регионального компонента на занятиях по физической культуре для формирования ценностных ориентаций современной молодежи / В.Л. Калманович // Самарский научный вестник. – 2022. – Т. 11. – № 4. – С. 284–288. – DOI: 10.55355/snv2022114309. – EDN: ESKHYR.

10. Мутаева, И.Ш. Новые реалии функциональной подготовки студенток на занятиях элективных дисциплин (модулей) по физической культуре и спорту с использованием средств народных игр / И.Ш. Мутаева, Л.Ф. Исмаилова, З.М. Кузнецова // Проблемы физкультурного образования: содержание, направленность, методика, организация : материалы X Международного научного конгресса, посвященного 80-летию основателя физкультурного образования Калининградской области, учредителя конгресса В.К. Пельменева. – Челябинск, 2024. – С. 191–196. – EDN: GEDOXD.

11. Прохоров, М.С. Организация здорового образа жизни студентов как условие их профессиональной подготовки / М.С. Прохоров, З.М. Кузнецова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12. – № S2(47). – С. 236–246. – DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-S2-236-246. – EDN: RYGGUD.

12. Федотов, А.Д. Компетентностный подход к анализу кадрового обеспечения системы физической культуры и спорта высшего образования Республики Татарстан / А.Д. Федотов, В.Л. Калманович // Наука и спорт: современные тенденции. – 2017. – Т. 15. – № 2(15). – С. 59–61. – EDN: YUHZOJ.

13. Хайруллин, Р.Р. Эффективность применения физических упражнений для повышения стрессоустойчивости студентов вузов / Р.Р. Хайруллин // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2024. – № 6(232). – С. 267–271. – EDN: MMVDEN.

References

1. Abdrashitov, R.I. Vzaimosvyaz tsennostno-smyslovoj sfery lichnosti, zdorovya i kachestva zhizni studentov tekhnicheskogo vuza / R.I. Abdrashitov, V.L. Kalmanovich, SH.R. YUsupov // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2023. – № 12-1(153). – S. 34–39. – EDN: ZCOPLP.

2. Bitsheva, I.G. Zanyatiya fizicheskoy kulturoj kak uslovie zdorovesberezheniya studentov v sovremennom vuze / I.G. Bitsheva // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2022. – № 8. – S. 125–129. – DOI: 10.17513/snt.39278. – EDN: MUWAWS.

3. Bitsheva, I.G. Pedagogicheskij potentsial fizkulturno-ozdorovitel'nogo prostranstva sovremennogo vuza v protsesse zdorovesberezheniya studentov / I.G. Bitsheva // Antropologicheskaya didaktika i vospitanie. – 2022. – № 2. – S. 50–59. – EDN: ALPHNF.

4. Garifullin, R.SH. Formirovanie motivatsii studentov k zanyatiyam po fizicheskoy kulture posredstvom primeneniya perspektivnoj fizkulturno-ozdorovitel'noj programmy / R.SH. Garifullin, V.L. Kalmanovich, R.R. KHajrullin // Sovremennaya nauka: aktualnye problemy teorii i praktiki. – 2020. – № 12-3. – S. 34–36. – DOI: 10.37882/2223-2982.2020.12-3.09. – EDN: OJUAVW.

5. Ishmukhametova, N.F. Formirovanie tsennostno-smyslovoj sfery lichnosti sovremennykh studentov / N.F. Ishmukhametova, I.G. Bitsheva, V.L. Kalmanovich // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta kultury i iskusstv. – 2025. – № 4. – S. 194–197. – EDN: JJOQCR.

6. Kalimullina, O.A. Vospitanie patriotizma molodezhi: istoriya, sovremennost, puti resheniya / O.A. Kalimullina // Vladimir YAKovlevich Slepov: Uchitel, Uchenij, Nastavnik (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya V.YA. Slepova) : Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – SPb. : Tipografiya Akademii vojsk natsionalnoj gvardii, 2025. – S. 177–182. – EDN: ZNZMDE.

7. Kalimullina, O.A. Formirovanie fizkulturno-ozdorovitel'nogo napravleniya v vuzakh Respubliki Tatarstan / O.A. Kalimullina, I.G. Bitsheva, V.L. Kalmanovich // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2024. – № 7(160). – S. 148–152. – EDN: HTKTCY.

8. Kalmanovich, V.L. Teoreticheskie aspekty gumanizatsii i dukhovnosti fizicheskoy kultury studentov vuzov v obrazovatel'noj deyatel'nosti / V.L. Kalmanovich // Sotsialno-kulturnaya deyatel'nost: vektory issledovatel'skikh i prakticheskikh perspektiv : materialy Mezhdunarodnoj elektronnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Kazan, 2020. – S. 89–94. – EDN: HBYRSX.

9. Kalmanovich, V.L. Effektivnost primeneniya natsionalno-regional'nogo komponenta na zanyatiyakh po fizicheskoy kulture dlya formirovaniya tsennostnykh orientatsij sovremennoj molodezhi / V.L. Kalmanovich // Samarskij nauchnij vestnik. – 2022. – T. 11. – № 4. – S. 284–288. – DOI: 10.55355/snv2022114309. – EDN: ESKHYR.

10. Mutaeva, I.SH. Novye realii funktsionalnoj podgotovki studentok na zanyatiyakh elektivnykh distsiplin (modulej) po fizicheskoy kulture i sportu s ispolzovaniem sredstv narodnykh igr / I.SH. Mutaeva, L.F. Ismagilova, Z.M. Kuznetsova // Problemy fizkulturnogo obrazovaniya: sodержanie, napravlennost, metodika, organizatsiya : materialy X Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa, posvyashchennogo 80-letiyu osnovatelya fizkulturnogo obrazovaniya Kaliningradskoj oblasti, uchreditelya kongressa V.K. Pelmeneva. – CHelyabinsk, 2024. – S. 191–196. – EDN: GEDOXD.

11. Prokhorov, M.S. Organizatsiya zdorovogo obraza zhizni studentov kak uslovie ikh professionalnoj podgotovki / M.S. Prokhorov, Z.M. Kuznetsova // Nauka i sport: sovremennye tendentsii. – 2024. – T. 12. – № S2(47). – S. 236–246. – DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-S2-236-246. – EDN: RYGGUD.

12. Fedotov, A.D. Kompetentnostnij podkhod k analizu kadrovogo obespecheniya sistemy fizicheskoy kultury i sporta vysshego obrazovaniya Respubliki Tatarstan / A.D. Fedotov, V.L. Kalmanovich // Nauka i sport: sovremennye tendentsii. – 2017. – T. 15. – № 2(15). – S. 59–61. – EDN: YUHZOJ.

13. KHajrullin, R.R. Effektivnost primeneniya fizicheskikh uprazhnenij dlya povysheniya stressoustojchivosti studentov vuzov / R.R. KHajrullin // Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. – 2024. – № 6(232). – S. 267–271. – EDN: MMVDEN.

© Б.Д. Юсупов, В.Л. Калманович, 2026

АННОТАЦИИ

Abstracts

Comparative Analysis of Convolutional Neural Networks and Visual Transformer in the Task of Detecting Generated Images

*A.A. Aletdinova, E.N. Antonyants, I.Yu. Belikov, M.I. Derebezov
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk*

Key words and phrases: visual transformer; generative models; deep learning; image classification; generated image detection; visual information processing; convolutional neural networks; statistical significance.

Abstract: The aim of the study is to comparatively evaluate the effectiveness of convolutional neural networks (CNNs) and visual transformers (ViTs) in solving the problem of automatic detection of images synthesized by generative models. The objectives of the study include mathematical formalization of the detection problem, additional training of three architectures (ResNet-50, EfficientNet-B0, ViT-B/16) on an open dataset, comparison of models in terms of accuracy and generalization ability on an independent dataset with testing the statistical significance of differences, and an assessment of computational efficiency. The research methods include deep learning, transfer learning, a computational experiment, McNemar's criterion, and confidence intervals. As a result, it was found that the visual transformer statistically significantly (97.16 %) outperforms both convolutional models in classification accuracy (92.65 % and 92.08 %) and has a significant advantage in generalization ability, while CNNs retain an advantage in computational efficiency. The obtained results allow us to make a reasonable choice of detector architecture taking into account its operating conditions.

Using Artificial Intelligence Methods in Managing Microservice Architecture of High-Load Web Applications

*V.D. Angapov, R.V. Kropachev
Digital IQ, Boca Raton (USA)
PrintProHome, Phuket (Thailand)*

Key words and phrases: artificial intelligence; microservice architecture; high-load web applications; machine learning; load forecasting.

Abstract: This article examines the application of artificial intelligence methods to managing microservice architectures for high-load web applications. Existing approaches to microservice management are analyzed, identifying their limitations when dealing with large data flows and a high degree of distribution. The use of machine learning models for load forecasting, anomaly detection, and resource allocation optimization is proposed. It is demonstrated that the implementation of intelligent methods can improve fault tolerance, reduce latency, and ensure more efficient use of computing resources in complex distributed systems.

Evaluation of the Effectiveness of Software Development Life Cycle Processes Based on the Analysis of Identifiable Information Objects

F.A. Borozdin¹, A.T. Agabubaev¹, I.O. Temkin¹, M.E. Kozlov²

¹ *National University of Science and Technology "MISIS";*

² *Resolut LLC (Astra Group of Companies), Moscow*

Key words and phrases: software development life cycle; process performance evaluation; systems information theory; information value measure; information content; artifact attributes; factor classification; effort; merge request.

Abstract: In the context of growing demands on software quality, life cycle processes are becoming more complex, and the growth of accompanying information increases the effort of participants, without always improving the quality of the result; traditional expansion of the control metrics system does not solve this problem. The objective of the study is to develop a method for quantitatively assessing the effectiveness of software development life cycle processes, enabling the identification and elimination of redundant process elements without reducing the quality and functional integrity of the result. A hypothesis is put forward that the contribution of individual artifact attributes to the process outcome varies and can be quantified, while some attributes do not carry distinguishing information; therefore, their exclusion, together with the generative practices, reduces effort costs without losing the functional integrity of the process. To test the hypothesis, the following tasks were solved: formalize the process at the level of artifact attributes in the "process – practice – artifact – attribute" hierarchy; evaluate the information content, distinguishability, and usefulness of each attribute taking into account effort costs; classify the attributes and create an abbreviated process configuration; and test the method on a real process. The methods used include A.A. Kharkevich's measure of information value as generalized by E.V. Lutsenko (systems information theory), the calculation of attribute information content relative to outcome classes, and an integrated efficiency indicator as the ratio of utility to effort. The method was tested on a pull request process (GitFlic and Teamstorm platforms) using a sample of 100 observations with four outcome classes and 14 factors. As a result, attributes were identified that did not carry discriminatory information and did not significantly affect the target outcome; eliminating redundant factors and associated practices reduced the effort required per process instance without compromising its functional integrity. It was demonstrated that the method enables quantitatively separating factors based on their contribution to the outcome and creating process configurations with reduced effort.

An Architectural Approach to Integrating an Intelligent Deduplication and Consolidation Subsystem into Reference Information Management Systems

D.A. Borshchenko, S.V. Kosyakov

Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin, Ivanovo

Key words and phrases: normative and reference information; master data management system; data deduplication; data consolidation; system architecture; intelligent subsystem; data quality; reference record; quality control.

Abstract: The purpose of this study is to substantiate the architectural conditions for integrating an intelligent deduplication and consolidation subsystem into a reference information management system. The objectives include defining the subsystem's place in the reference data architecture, its component composition, data exchange procedures, implementation modes, and performance monitoring through quality metrics. The study's hypothesis is that intelligent record processing should be viewed not as a standalone duplicate detection mechanism, but as a managed architectural layer. The methodological basis included systems analysis, architectural modeling, formalization of the component composition, and analysis of data quality requirements. As a result, an architectural model of the subsystem was developed, requirements for localizability, manageability, security of unification, scalability, and quality

control were defined, and the feasibility of a phased implementation without changing the basic storage and publication frameworks of reference data records was substantiated.

Analysis and Design of an Information Subsystem to Support Management Decisions in Handling Customer Orders Using the Example of the Logistics Department

E.A. Gerter, V.Yu. Kondratyev

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

Key words and phrases: information subsystem; decision making; customer orders; logistics; management.

Abstract: Today's highly competitive economy makes the speed and accuracy of customer order processing critical success factors. In logistics, where every stage, from order acceptance to delivery, carries the potential for delays and errors, effective information management and prompt decision-making are paramount. As the hub for coordinating numerous processes, the logistics department is constantly faced with the need to process growing volumes of data, optimize routes, manage inventory, and provide customers with up-to-date information on the status of their orders. Therefore, this article addresses the pressing issue of optimizing customer order processing in logistics departments. Understanding an information subsystem focused on decision support will improve operational efficiency, reduce order fulfillment time, minimize errors, and improve customer service. Researching such a subsystem will help identify its strengths and weaknesses, as well as develop recommendations for its further improvement and implementation in real-world conditions. The study utilized theoretical literature review methods and practical tools for analyzing and designing an information system for decision support in customer order management, using the logistics department as an example. As a result, an algorithm was developed for improving the efficiency of a logistics center, representing a closed-loop information processing system.

Developing ETL Processes When Building Data Warehouses

A.V. Gusev, A.V. Azarov

*Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow;
PJSC Rocket and Space Corporation Energia named after S.P. Korolev, Korolev*

Key words and phrases: enterprise data warehouse; unified information space.

Abstract: The aim of the study is to improve the efficiency of interaction between database servers of enterprises involved in the development of rocket and space technology, at all stages of the product life cycle. The objectives are to develop a concept for building an integrated automated system that ensures the integration of distributed data warehouses of enterprises from the production stage to the delivery of finished products to the consumer. Methods included systems analysis of interaction processes between database servers, methods for building distributed data warehouses, approaches to automating the integration of heterogeneous information systems of enterprises in the rocket and space industry. Results are as follows. The concept of an integrated automated system covering the entire product life cycle is proposed; the principles of organizing effective interaction between the database servers of the participating enterprises are defined. It is concluded that the implementation of the proposed concept will increase the level of automation in the construction of distributed data warehouses, ensure uninterrupted information exchange between enterprises and reduce the risks associated with data inconsistency at all stages of the rocket and space technology life cycle.

Development of an Analytical Module for a System for Identifying Dependencies of Functional and Technological Indicators

E.M. Dvornikova, S.V. Nikolaeva
MIREA – Russian Technological University, Moscow

Key words and phrases: model; function; optimization; regression analysis; coefficient of determination; Fisher's criterion; freeze-drying; Python.

Abstract: The object of this study is the freeze-drying of fermented milk products. The functional and technological parameters are drying temperature, sublimation duration, and the survival rate of lactic acid bacteria. The following pattern is observed: as the drying temperature decreases, the survival rate of lactic acid bacteria increases. There is a problem of determining the optimal temperature regime for lyophilization. The aim of this study is to develop a system for identifying dependencies of functional and technological indicators. This article discusses the analytical component of the system. This module was developed using Python. The NumPy library was used to determine the coefficients of the mathematical models, and SciPy was used for statistical analysis. Software was developed to obtain the dependence of bacterial survival and sublimation duration on drying temperature. Based on experimental data, the system constructs linear, quadratic, and exponential models, which, after analysis, reveal the most accurate relationship between the functional and technological parameters. The optimal temperature regime for freeze-drying is determined.

Methodology for Processing Expert Information in a Decision Support System for Procurement Management

V.V. Dyachkova, E.S. Kovalenko
Donbas State Technical University, Alchevsk

Key words and phrases: metallurgy; neural network models; decision support system; procurement management; expert information.

Abstract: The aim of the study is to develop a methodology for processing expert information in a decision support system (DSS) for procurement management at a metallurgical enterprise. The objectives of the study include: defining the types of expert information; developing procedures for event-oriented input, formalization, and integration of expert judgments into the DSS neural network circuit; implementing an interpretable output of results. The study hypothesis is that formalized processing of expert information and its integration into neural network models make it possible to compensate for their fundamental limitations without retraining the models. The research methods include: a fuzzy set apparatus for transforming linguistic assessments; post-processing algorithms for MLP output layers based on threshold rules and exception rules; a mechanism for adjusting LSTM forecasts using correction coefficients. The results confirm that the integration of expert information makes it possible to compensate for the shortcomings of neural network models: reduce sensitivity to outliers, take into account rare events, and ensure adaptation to changing conditions without retraining.

Methods for Assessing the Quality of Chatbot Responses

S.N. Efimov, N.A. Savenkov
*Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev,
Krasnoyarsk*

Key words and phrases: chatbot; artificial intelligence; machine learning; response evaluation.

Abstract: The aim of this paper was to review and analyze modern methods for assessing the quality of chatbot responses based on large language models. The study is based on the hypothesis that no single

method provides a complete assessment, and an effective quality control system should be built on a combination of methods. The primary research methods include an analytical review, systematization, and comparative analysis of four approaches: human assessment, dataset testing, automated metrics, and assessment using a different language model. The strengths and weaknesses of each method are identified, and their complementarity is demonstrated.

An Information and Analytical System for Forecasting the Duration of CI/CD Processes Based on a Forecast and Error Log

A.A. Kopeikin, B.S. Dobronets
Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Key words and phrases: AIOps; ARIMA; CI/CD; DevOps; ETS; GitLab; pipeline; residual; forecasting.

Abstract: The objective of this study is to develop and experimentally validate a prototype of the TimeForge information and analytical system for forecasting the duration of CI/CD processes based on time series analysis and accumulation of a forecast and error log. The objectives of the study include clarifying the concepts of pipeline and residual corrections as applied to the CI/CD infrastructure, organizing the collection and storage of run duration observations, implementing a forecasting loop, generating a forecast-actual-error log, and comparatively evaluating a rolling baseline model, ARIMA, and ETS. The research methods used include time series analysis, software prototyping, retrospective experimental evaluation, and comparative analysis of forecasting models using the MAE, RMSE, and MAPE metrics. The proposed prototype combines a Python forecasting loop, a Go forecast log API, and PostgreSQL / TimescaleDB. On a sample of 36 observations, the rolling baseline model demonstrated the lowest MAE – 554.6 s, ARIMA – 621.7 s, and ETS – 629.1 s. The obtained results demonstrate the feasibility of using the baseline model as an operational level and applying more complex models in shadow validation mode until forecast quality is proven to improve.

Development of Software Modules for a System for Automated Design of Chemical-Technological Schemes

A.V. Lobanov, M.D. Pysin, E.M. Koltsova, A.M. Arkhipov
D.I. Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

Key words and phrases: CAD; design; digital twin; server application; web programming; 3D visualization; chemical engineering production.

Abstract: This article focuses on the development of a suite of software modules for the automated design of chemical process flowsheets, enabling the transition from 2D representation to 3D visualization and integration with digital twins. In the context of digitalization of the chemical industry and the import substitution of foreign CAD systems, the development of accessible web-based tools is particularly important. This study aims to create a comprehensive system architecture combining a graphical 2D editor, a module for automatically generating 3D models, a server application with a relational database, and a web interface for collaborative work. The effectiveness of a unified JSON format for seamless data exchange between modules is substantiated. A database structure for managing an equipment library and sharing projects is proposed. Particular attention is paid to the automated procedure for constructing a 3D scene based on a 2D diagram. The results have practical significance for design organizations (reducing the development time of circuits by 2–5 times), industrial enterprises (creation of digital twins and simulators) and the educational process in the training of technologists and designers.

Methods of Centralized Management of Mining and Geological Information Flows in Models of Mineral Deposits

M.Ya. Pashaev

Grozny State Oil Technological University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny

Key words and phrases: information flows; database management; mining and geological information; deposit model; mineral quality; production situations; quarry sections.

Abstract: The objective of the work is to develop a model of a mineral deposit during open pit mining. The main objectives are to develop an information database with a proposed structure that allows for organizing significant volumes of diverse information; a mechanism for managing mining and technological information data flows; and information processing methods that allow for calculating, adjusting, and varying the quarry's production and technological indicators. The paper considers various approaches to the centralized management of basic mining and geological information flows in open pit mineral deposit models. A detailed analysis of the formation of the necessary and sufficient information flows in the geological database is carried out, which is the basis for solving the problems of studying the variability of the qualitative characteristics of a mineral within the contours of individual sections of a quarry, calculating the volumes and quality of a mineral within the specified contours of overburden and mining horizons of a mined deposit, calculating mining mode options, calculating the parameters of the quarry's working wall, and calculating the capacity of internal dumps. The principles for constructing a mathematical model of a deposit for annual planning have been defined, allowing for the consideration of the various nature of production situations and the adjustment of a set of requirements for the technology, organization, and mechanization of mining operations.

Formalization and Multidimensional Analysis of Semi-Structured Data from Strategic Planning Documents Based on Repertory Grid Technology

A.A. Polusmak, A.S. Velichko

Far Eastern Federal University, Vladivostok

Key words and phrases: semistructured data; repertory grids; multivariate analysis; cluster analysis; hierarchical clustering; feature space; strategic planning.

Abstract: Strategic planning documents contain significant volumes of poorly structured textual information, the analysis of which is hampered by the lack of a unified formal representation of semantic units. The relevance of this study is determined by the need to transform the content of such documents into structured data suitable for quantitative analysis and comparison. The aim of this study is to develop a method for formalizing the semantic units of a strategic document based on repertory grid technology and multivariate analysis methods. The study identifies elements corresponding to problems, goals, and development directions, forms a system of bipolar constructs, and constructs an assessment matrix defining the feature space. Euclidean distance, hierarchical clustering, and Ward's algorithm are used to analyze the proximity of elements. The method was tested using a macrostrategic goal-setting document as an example. It was found that the resulting clusters allow one to identify additional substantive relationships between document elements that are implicitly represented in its formal structure. The practical significance of the work lies in the possibility of applying the proposed approach to analyze the consistency of strategic documents, identify duplicate semantic units and prepare data for the subsequent use of intellectual analysis methods.

Route Planning for a Group of Unmanned Aerial Vehicles Using a Hybrid Optimization Algorithm

Risha Arej, M.Yu. Kosinsky
National Research University "MPEI", Moscow

Key words and phrases: unmanned aerial vehicle; optimization; genetic algorithm; ant colony algorithm; hybrid optimization algorithm.

Abstract: The aim of this study is to develop an adaptive approach for planning trajectories for a group of unmanned aerial vehicles (UAVs) that minimizes the time it takes to explore a given area, based on an ant colony algorithm. This approach also addresses the challenges of automating the configuration of its parameters using a genetic algorithm and taking into account the influence of factors such as wind, precipitation, and battery charge during trajectory planning.

The study is based on the hypothesis that automatic correction of ant colony algorithm coefficients will enable optimal solutions to be found under changing problem parameters, while accounting for the influence of external factors on trajectory planning will improve the reliability of search tasks. It utilizes methods of system analysis, mathematical analysis, and optimization. A unique objective function was developed that takes into account wind, precipitation, and battery charge, and weighting coefficients were introduced to validate their importance. A method for calculating these coefficients is proposed. Based on the combined use of ant colony and genetic algorithms, a hybrid approach for trajectory planning based on a formulated objective function is proposed.

Simulation of the developed approach for various weather conditions and battery charge levels was examined. Analysis of the obtained results demonstrated the correctness of the automatic tuning of the ant colony algorithm parameters and the objective function weighing coefficients, thereby accounting for meteorological factors and battery charge levels in the calculated routes.

Neural Network Demicroscopication (Depixelization) of Historical Photographic Documents

D.V. Sinyukov, E.O. Shamraeva
Belgorod State National Research University, Belgorod

Key words and phrases: demicroscoping; depixelization; historical photo documents; convolutional neural networks; generative adversarial networks; image restoration; removal of sampling artifacts; resolution enhancement; semantic reconstruction.

Abstract: The aim of the study is to develop and experimentally test a method for restoring the integrity of visual information in historical photographic documents subject to degradation processes leading to the effect of microfilmization (pixelation) of the original optical signal. The objectives include: formalizing the concept of demicrofilmization as the inverse transformation of a raster image with a block structure into a continuous photographic space; creating the architecture of a deep convolutional neural network based on generative adversarial networks adapted to historical photographic media; developing a composite loss function to balance structural accuracy and perceptual quality; quantitative and expert evaluation of effectiveness on a sample of daguerreotypes, albumen and gelatin silver prints of the 19th – early 20th centuries. The hypothesis is that generative models trained on “synthetic microfilm – standard” pairs are capable of reconstructing high-frequency components that cannot be restored by classical interpolation, while maintaining documentary authenticity. Methods include supervised learning on synthetic data with drop-off factors of 4, 8, and 12; a generator with dense-connection residual blocks and channel attention mechanisms; composite loss (perceptual, adversarial, total variation, gradient matching); evaluation by SSIM, PSNR, expert supervision, and recognition ability. Results achieved: SSIM = 0.87 (for s = 8) versus 0.43 (bicubic) and 0.62 (SRCNN); experts confirmed the correct reconstruction of the emulsion aging texture; for architectural panoramas, a modified gradient loss increased the accuracy of occlusion reconstruction by 18 %; limitations for handwritten texts and dependence on the sample composition were identified; recommendations for marking the reconstructed areas and combining them with paleographic expertise are proposed.

This paper considers the problem of restoring the integrity of visual information in historical photographic documents subject to degradation processes leading to the effect of microilization (pixelization) of the original optical signal. We propose an approach based on the architectures of deep convolutional neural networks specialized in the tasks of generative reconstruction of high-frequency components. The author introduces the concept of “demicroilization” (depixelization) as the inverse process of transforming a raster image with a pronounced block structure into a semantically continuous photographic space. The principles of training models on pairs of “synthetic microil – reference image”, as well as methods for assessing the reliability of reconstructed textures using metrics of structural similarity and perceptual loss. Particular attention is paid to preserving documentary accuracy in the reconstruction of faces, architectural elements, and handwritten fragments. The results of experimental testing of the method on a sample of daguerreotypes and albumen prints from the 19th – early 20th centuries are presented.

A Study of the Application of Compression and Excitation Blocks in the U-Net Neural Network for the Task of Segmentation of Defects on the Surface of Materials

*A.A. Shumachkov, A.N. Sochnev
Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Key words and phrases: image segmentation; material surface defects; convolutional neural networks; U-Net; ResNet; compression and excitation blocks; scSE blocks; computer vision; industrial quality control.

Abstract: The aim of the study is to improve the accuracy of surface defects segmentation in industrial visual inspection tasks by integrating spatial-channel attention mechanisms into the convolutional neural network architecture. The hypothesis is that adaptation of attention mechanisms based on squeeze-and-excitation units, successfully used in medical imaging, will improve defect area detection compared to the baseline encoder-decoder model without such modules. To test the hypothesis, the following tasks were solved: modification of the encoder-decoder architecture, where an 18-layer residual network (ResNet-18) is used as an encoder, by implementing squeeze-and-excitation units; adaptation of the model for industrial inspection tasks; experimental comparison with the baseline version on the open KolektorSDD2 dataset with pixel-based defect marking. Research methods: use of convolutional neural networks with attention units; evaluation of segmentation quality by similarity metrics (IoU or Dice), sensitivity (recall), specificity and overall accuracy. Quantitative comparison of results with the baseline architecture. The study experimentally confirmed that the implementation of spatial-channel attention mechanisms provides a consistent increase in segmentation accuracy and a more balanced ratio of all metrics used compared to the baseline model, demonstrating the effectiveness of transferring methods from medical imaging to industrial computer vision.

Methodological Foundations for the Development and Application of Artificial Intelligence Technologies in Solving Environmental and Industrial Safety Problems

*A.Yu. Chesalov
Atlansis Software Systems LLC, Tver*

Key words and phrases: large language models; environmental monitoring; low-carbon technologies; industrial safety; artificial intelligence; the AI Korolev platform; the Atlansys EUS platform.

Abstract: This article examines the role of artificial intelligence technologies, particularly large language models, in the development and implementation of artificial intelligence technologies for addressing environmental and industrial safety issues. This includes creating a Russian technology stack to reduce resource intensity and improve energy efficiency at enterprises, minimize negative

environmental impacts, and ensure industrial safety. Based on an analysis of the Bauman Moscow State Technical University Development Program and the experience of using the Korolev AI platform and the Atlansys EUS industrial platform, the need to integrate large language models into the development of environmental monitoring systems with high spatiotemporal resolution, low-carbon water, soil, and air purification systems, and energy-efficient food production technologies is substantiated. A concept for an architectural model of an intelligent environmental platform is proposed, and the contribution of the proposed solutions to achieving the project's key results is demonstrated. The aim of this paper is to substantiate the role of large language models as a key tool for accelerating developments in the field of environmental and industrial safety.

Research results. The study found that the use of large language models in environmental monitoring and industrial safety significantly improves the efficiency of processing and interpreting multimodal data. The proposed conceptual three-tier architecture, integrating LLM services with the Korolev AI and Atlansys EUS platforms, creates the basis for automated forecasting of pollutant spread in water, soil, and air environments, and for optimizing the parameters of low-carbon wastewater treatment plants, potentially increasing their efficiency compared to existing models. Key limitations associated with the need to verify predictive models were identified, guiding further research toward the creation of hybrid architectures.

Practical significance. The results of this research and work can be used by engineers and scientists developing predictive, analytical, and expert automated systems based on new information and artificial intelligence technologies.

Approaches to Designing a Climate Control System for an Ice Facility with a Large Glazing Area

*N.A. Glazunov
Relyde Project LLC, Moscow*

Key words and phrases: ice facility; climate control; refrigeration capacity; glazing; air humidity; fog formation.

Abstract: The objective of this study is to develop approaches to designing a climate control system for an ice facility with a large glazing area. Research hypothesis suggests that climate control system design will be more accurate if refrigeration capacity, glazing, humidity and air distribution, and operating conditions are considered in a single design procedure. Methods included theoretical analysis, factor classification, practical summaries, structuring of approaches, and expert comparison of parameters. Results are as follows: a classification of microclimate factors for an ice facility with a large glazing area is proposed; original approaches to climate control system design based on refrigeration capacity, humidity, glazing, user zones, and energy consumption are developed.

The Relationship Between Personality Traits and the Psycho-Emotional State of International Students

*M.A. Anikina, V.N. Butenko, A.V. Butenko, V.V. Zemlyanova
Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Key words and phrases: international students; personality traits; five-factor personality model; neuroticism; extroversion; conscientiousness; psycho-emotional state; anxiety; depressive symptoms.

Abstract: This study examines the relationship between personality traits and the psychoemotional state of international students studying at Russian universities. Using the NEO-FFI, BDI-II, and Spielberger questionnaires, a sample of 52 international students (aged 17–28) found significant correlations between neuroticism and depression ($r = 0.71$), trait anxiety ($r = 0.62$), and reactive anxiety ($r = 0.52$). Extraversion and conscientiousness were negatively associated with depression ($r = -0.52$ and -0.54). Neuroticism is a risk factor, while extraversion and conscientiousness are protective factors

for emotional distress. The results can be used in developing psychological support programs for international students.

Formation of Universal Learning Activities of Students in the Process of Teaching Mathematics Using the Project Method

N.A. Baklanova
Omsk State Pedagogical University, Omsk

Key words and phrases: project method; mathematics teaching; universal learning activities.

Abstract: The purpose of this study is to examine the possibility of developing students' universal learning activities (ULA) in the process of teaching mathematics using the project method. Objectives: to identify the types of ULA developed at various stages of organizing students' project activities; to provide an example of a mathematics project indicating the ULA developed by students. Research methods: analysis of educational and methodological literature, generalization. The result of the study is the development of a mathematics project aimed at developing students' ULA.

Qixi Festival: Traditional Marriage Concepts and an Analysis of Roman Folk Culture

Wang Jia, Lu Jingjing
Heihe University, Heihe, China

Key words and phrases: Qixi Jie; genesis of folk customs; Bootes and Weaver; traditional concepts of marriage; seasonal folk rites.

Abstract: The purpose of this study is to identify the genesis, spiritual content, and contemporary educational potential of the traditional Chinese festival of Qixi Jie. To achieve this, we explore the historical evolution, folk rituals, and traditional marital ideals of the festival based on ancient written sources and substantiate the potential for applying its cultural heritage to university moral education. The study hypothesizes that the culture of Qixi Jie, based on hard work, loyalty, and family harmony, can correct young people's pragmatic views on love and marriage and strengthen their national cultural confidence. The study describes the stage-by-stage evolution of the festival, reveals the semantic content of its key rituals, compares the distinctive East Asian romance of Qixi Jie with Western love culture, and substantiates effective ways to integrate holiday traditions into university educational work. The obtained results complement scientific research on traditional Chinese holidays and serve as a documentary basis for cultural promotion and the improvement of student ideological and moral education. The study utilized a comprehensive approach, combining theoretical and practical methods.

A Problem-Oriented Analysis of the Results of the Trial Unified State Exam in Computer Science in the Context of the Digital Transformation of Education

Yu.V. Grigoriev, K.N. Fadeeva
Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary

Key words and phrases: Unified State Exam; computer science; trial exam; quality of education; pedagogical diagnostics; teaching methods; LMS Moodle.

Abstract: This article presents the results of a pedagogical analysis of a trial Unified State Exam in Computer Science conducted at a pedagogical university. The relevance of the study stems from the need to improve the quality of graduates' subject preparation in the context of the digital transformation of education and the growing role of information technology competencies. The aim of the study is to classify typical student errors and propose ways to improve the teaching and methodological support

of the educational process based on the analysis of the trial Unified State Exam in Computer Science results. The empirical base consists of test results from 11th-grade students in Cheboksary, obtained in the LMS Moodle environment. The study utilized statistical analysis, error classification, and comparative assessment of difficulty levels. The scientific novelty lies in the differentiation of problem areas of preparation into broad thematic clusters. The practical significance of the study lies in the possibility of using the findings to adjust work programs and improve teacher qualifications.

Special Training of Young Men Aged 18–22 Years Engaged in Sports Tourism in the Competitive Mesocycle

S.A. Zaguzova, A.S. Strekalov
Derzhavin Tambov State University, Tambov

Key words and phrases: sports tourism; tourist distance “Slalom”; special physical training; young men.

Abstract: This article explores the improvement of specialized training for 18- to 22-year-old sports tourism athletes during the competitive mesocycle. We know that sports tourism promotes the development of all physical qualities, but especially endurance, strength, and motor coordination. Studying and developing a specialized training program, taking into account the specifics of the sport, will help uncover the mechanisms by which these qualities develop in young men. Specialized training is particularly important during competitive activities. Under these conditions, success directly depends on the quality of training of sports tourism athletes during the competitive mesocycle. This period is crucial for bringing athletes to peak condition and practicing tactical strategies and technical combinations in a mode as close as possible to competitive conditions. The research hypothesis was that the developed specialized training program for 18- to 22-year-old sports tourism youth would improve their specialized training in the specific discipline of slalom.

The aim of the study is to improve the special training of young men aged 18–22 years involved in sports tourism in the Slalom discipline. The main methods of scientific cognition that we used during the study were: logical processing of scientific and methodological material; pedagogical observation; pedagogical experiments; pedagogical testing; and interviews with coaches and athletes.

Results achieved are as follows: based on the conducted experimental study, the article presents the main provisions of the program of special training of tourist athletes preparing for competitions on the tourist distance “Slalom”, as well as conclusions on the feasibility of using this program with young men aged 18–22.

Peculiarities of Conducting Physical Education Classes with Medical Students with Health Problems

L.A. Kuchkova¹, A.Yu. Schreder^{1, 2}, N.S. Kuznetsova^{1, 3}, A.G. Ushakov¹

¹ *Omsk State Medical University;*

² *Omsk Armored Engineering Institute;*

³ *Omsk State University named after F.M. Dostoevsky, Omsk*

Key words and phrases: physical education; motor activity; physical exercises; exercise therapy exercises; special medical group.

Abstract: The percentage of students with health problems is currently increasing. A pressing issue is organizing and conducting classes for students divided into medical groups, as well as those exempted from core physical education classes due to health reasons. This article also examines the forms and methods of conducting classes. The aim of the study is to analyze medical examination data and determine the level of physical fitness of medical students. Based on the medical examination data, methodological recommendations for physical education classes for students assigned to a

special medical group due to their health status have been developed. It is expected that the obtained data can be used in physical education classes for students assigned to a special medical group due to their health status at the university. For students exempted from core physical education classes due to health reasons, classes are designed with an individual, health-improving focus. The following research methods were used in the study: analysis of medical examination data for students of Omsk State Medical University and analysis of scientific literature.

Problem-based Learning in Rugby Training: Developing Tactical Thinking in Adolescents

V.S. Mesitsky, A.R. Salidinov

Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol

Key words and phrases: problem-based learning; tactical thinking; rugby; teenagers; game problem situations; training methods; pedagogical experiment; decision-making; team actions; sports pedagogy.

Abstract: This article examines the application of problem-based learning in rugby training as a means of developing tactical thinking in adolescents aged 13–16. The article aims to provide a theoretical justification and practical description of problem-based learning techniques aimed at developing young rugby players' ability to independently analyze game situations and make tactical decisions. To achieve this goal, the following objectives were addressed: analyzing the theoretical foundations of problem-based learning as applied to team sports; determining the specifics of tactical thinking in rugby and its structural components; developing a system of problem-based game situations and tasks for adolescents involved in rugby at the initial specialized training stage; and substantiating the pedagogical conditions for the effective application of the problem-based learning method in the training process.

Innovative Directions of Foreign Language Teaching in Higher Education in the Context of the Integration of Artificial Intelligence and Neural Network Technologies

E.N. Miroshnichenko¹, V.P. Frolova¹, O.L. Nikitina²

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies;

² Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh

Key words and phrases: artificial intelligence; neural networks; foreign language teaching; higher education; personalized learning; generative models.

Abstract: The relevance of this study is determined by the requirements of the Federal State Educational Standard of Higher Education for the development of universal competencies in business and intercultural communication among students of technical universities, as well as the need to adapt foreign language teaching methods to the capabilities of artificial intelligence technologies and neural networks. The purpose of the article is to systematize innovative areas of foreign language teaching in higher education in the context of the digital transformation of education and the integration of neural network tools. The results of the study are presented in the form of seven innovative areas: personalized generation of educational materials, interactive practice with AI interlocutors, automated assessment and feedback, development of critical thinking through the analysis of AI content, creative projects with generative neural networks, adaptive learning based on intelligent tutoring systems, as well as automatic test generation and checking. End-to-end didactic effects (personalization, intensification of practice, reduction of psychological barriers, saving the teacher's time) are identified and implementation limitations (technical, methodological, ethical and legal, didactic) are outlined. The conclusion is that artificial intelligence and neural network technologies do not replace teachers, but provide them with powerful tools for expanding their methodological arsenal, while requiring the acquisition of new professional competencies (prompt engineering, critical evaluation of AI content, ensuring academic integrity).

Biomechanical Control of Squat Technique with a Barbell for Injury Prevention

*A.E. Tarasov, N.Yu. Razzhigaeva, A.Z. Dobryantseva, U.A. Afanasyeva
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk*

Key words and phrases: powerlifting; barbell squats; biomechanical control; technique; injury prevention; rapid assessment.

Abstract: The article examines the issues of injury prevention for powerlifters when performing squats with a barbell through biomechanical control. The aim of the study was to identify and compare the biomechanical parameters of barbell squat technique in experienced and novice athletes to determine injury risk factors and develop practical control criteria. The following methods were used in the study: theoretical analysis and synthesis of scientific and methodological literature, a combination of biomechanical methods, and mathematical statistics. The empirical study was conducted at the Stal fitness club in Yakutsk, involving 10 participants. Study results and conclusions. Squat technique in novice athletes is characterized by a combination of biomechanical abnormalities that increase the risk of spinal and knee injuries. For practical monitoring, a set of five control parameters (torso tilt, knee valgus, barbell offset, knee flexion asymmetry, and heel lift-off) and an integral injury risk index were proposed, allowing for rapid assessment and timely technique correction during the initial stages of training.

Problems of Professional Adaptation of Graduates to Teaching Activities

*S.N. Shadrina
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk*

Key words and phrases: young teacher; professional adaptation; social adaptation; mentoring; professional difficulties; school; teaching staff.

Abstract: This article examines the professional and social adaptation of young teachers in the general education system. Its relevance stems from the high rate of teacher attrition in the first years of teaching practice. According to statistics, up to 40 % of young teachers leave school within the first three years, confirming the severity of the problem. The paper analyzes modern approaches to defining adaptation, describes its key stages, and describes typical professional difficulties faced by beginning teachers. It notes that the most challenging aspects include lesson planning in accordance with Federal State Educational Standards (FSES), maintaining classroom discipline, interacting with parents, and maintaining school records. It also identifies internal and external factors influencing the speed and quality of adaptation, including basic training, motivation, the psychological climate within the team, and logistical and technical working conditions. Particular attention is paid to mentoring and comprehensive support as the key mechanisms for a young teacher's successful entry into the profession. It was found that effective mentoring involves not only methodological but also emotional support, as well as a balanced distribution of responsibilities. Additionally, the paper examines methods of methodological work (seminars, lesson visits and analysis) that can help reduce adaptation and professional burnout. Finally, it concludes that it is necessary to develop systemic mentoring and social and psychological support programs in every educational institution.

The Role of Financial Support in the Development of Physical Culture in the Republic of Sakha (Yakutia)

*N.O. Gorodova, A.A. Darbasov, Makzatbek uulu Adilet, S.I. Kolodeznikova
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk*

Key words and phrases: financial support; physical education and sports; sports infrastructure; regional development; budget financing.

Abstract: The article examines the impact of financial support on the development of physical education and sports in the Republic of Sakha (Yakutia), taking into account the specifics of the region, low population density, and the high cost of creating and maintaining sports infrastructure. An assessment is made of the dynamics and structure of sector financing within the framework of the implementation of the Strategy for the Development of Physical Education and Sports until 2030, as well as their impact on the availability of sports services. The objective of the study was to assess the role of financial support for physical education and sports in the Republic of Sakha (Yakutia). To achieve this objective, the following objectives were achieved: analyze the dynamics and structure of sector financing in 2021–2025; identify the impact of funding volumes on the development of sports infrastructure and population involvement; evaluate the territorial features of the distribution of financial resources. The study hypothesis is that, in the context of the Republic of Sakha (Yakutia), financial support acts as a system-forming factor in the development of physical education and sports, with investments in infrastructure having the greatest impact, while the uneven distribution of resources and the high share of costs on facility maintenance reduce the overall efficiency of the sector. The study utilized methods such as funding dynamics analysis, comparative analysis, economic analysis, and data aggregation. It found that increased funding contributes to increased accessibility of sports infrastructure, increased public engagement, and the development of mass sports. It also demonstrated the need to transition to a more efficient resource allocation model.

Visualization of Technological Processes as a Tool for Improving the Effectiveness of Employee Training in the Light Industry

A.A. Nichurazova, Ya.A. Gudilov, A.V. Firsov

A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow

Key words and phrases: visualization; training; light industry; technological processes; digital environment; augmented reality; virtual reality.

Abstract: The aim of the study is to substantiate the use of visualization of technological processes as a tool for improving the effectiveness of training employees of light industry enterprises. To achieve this goal, the following objectives were set: to consider the theoretical foundations of visualization and classification of information presentation methods; to analyze existing approaches to visualization of technological processes in the light industry; to determine the advantages and limitations of traditional and digital means of visual support for training; to suggest directions for the development and implementation of interactive visualization tools, including virtual and augmented reality technologies; to formulate practical recommendations for their use in the corporate educational environment. The hypothesis of the study is that the use of visual, interactive and immersive means of visualization of technological processes contributes to a more rapid and conscious assimilation of educational material, increases employee motivation and reduces the difficulties of mastering complex production operations. The work uses the methods of analyzing scientific and methodological literature, generalizing existing practices of personnel training, classifying visualization methods, comparative analysis of their advantages and limitations, as well as project modeling of possible directions for the implementation of visual technologies. The study clarified the role of visualization in training employees in the light industry, systematized the main methods of presenting technological information, identified promising areas for the application of interactive graphics, infographics, data visualization, as well as AR and VR technologies, and proposed recommendations for improving the effectiveness of personnel training by integrating visual tools into the educational process of enterprises.

Organization of Distance Learning of English in a Secondary Comprehensive School Based on Modern ICT

E.V. Samsonova, O.R. Zabirova

*Yelabuga Institute of Kazan (Volga Region) Federal University, Yelabuga;
Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan*

Key words and phrases: ICT; distance learning; secondary school; English language teaching; technological development of mankind; experiment; analysis; education system.

Abstract: The aim of the paper is to study the features of organizing distance learning of the English language in a secondary comprehensive school based on modern ICT. During the study, the author accomplished the following tasks: to consider the concept and features of distance technologies in education; to analyze the specifics of organizing distance learning of the English language; to conduct experimental work on organizing distance learning of the English language in a secondary comprehensive school based on modern ICT. Research hypothesis suggests that distance learning of the English language in a secondary comprehensive school will be effective if organized on the basis of modern ICT. Research methods include theoretical analysis of psychological and pedagogical literature; empirical methods (pedagogical experiment, questionnaires, testing); mathematical methods. The results of the work lie in the fact that it highlights the features of organizing distance learning of the English language at the current stage of education development, which can be used in working with secondary school students to achieve high results.

Formation of Self-Awareness, Self-Determination and Self-Development of Student Youth Through National Physical Education Activities

B.D. Yusupov, V.L. Kalmanovich

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

Key words and phrases: self-awareness; self-determination; national motor activities; national traditions; cultural identity.

Abstract: The purpose of this study is to examine the role of national traditions and cultural aspects in shaping students' self-awareness, self-determination, and self-development. This article examines the role of national games and cultural practices in fostering self-awareness, self-determination, and self-development. The hypothesis is that the integration of national traditions into the physical education and health activities of educational institutions contributes not only to the preservation of cultural heritage, but also to increasing the motivation of students and improving their social relationships. To achieve this goal, the following objectives were set: to study the influence of culture on the physical education of young people; to examine the role of national practices as a tool for personality development; to evaluate the contribution of such activities to the socialization of the student community; and to justify the need for their integration into the educational process. The scientific novelty of the study lies in its first description of the influence of culture and national traditions on the physical education of young people in Tatarstan. The methodological basis for this study was empirical research methods.

The study found that physical education and health activities contribute to improved social relationships among young people. The value of incorporating national traditions into the physical education and health activities of educational institutions lies in their ability to preserve cultural heritage. The practical significance of the study lies in its substantiation of the need to integrate national traditions into the physical education and health activities of universities to enhance student motivation, preserve cultural heritage, and foster self-awareness, self-determination, and self-development among students.

НАШИ АВТОРЫ

List of Authors

Алетдинова А.А. – доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск, e-mail: aletdinova@corp.nstu.ru

Aletdinova A.A. – Doctor of Economics, Candidate of Science (Engineering), Professor, Department of Automated Control Systems, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: aletdinova@corp.nstu.ru

Антонянц Е.Н. – ассистент кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск, e-mail: bax201438@gmail.com

Antonyants E.N. – Assistant Lecturer, Department of Automated Control Systems, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: bax201438@gmail.com

Беликов И.Ю. – стажер кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск, e-mail: supercolor2013@gmail.com

Belikov I.Yu. – Trainee, Department of Automated Control Systems, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: supercolor2013@gmail.com

Деребезов М.И. – стажер кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск, e-mail: derebezovm@mail.ru

Derebezov M.I. – Trainee, Department of Automated Control Systems, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: derebezovm@mail.ru

Ангапов В.Д. – старший системный архитектор, Digital IQ, г. Бока Ратон (США), e-mail: angapov@gmail.com

Angapov V.D. – Senior System Architect, Digital IQ, Boca Raton (USA), e-mail: angapov@gmail.com

Кропачев Р.В. – технический директор, PrintProHome, г. Пхукет (Тайланд), e-mail: angapov@gmail.com

Kropachev R.V. – Chief Technology Officer, PrintProHome, Phuket (Thailand), e-mail: angapov@gmail.com

Бороздин Ф.А. – студент Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», г. Москва, e-mail: m2206161@edu.misis.ru

Borozdin F.A. – Student, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, e-mail: m2206161@edu.misis.ru

Агабубаев А.Т. – старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», г. Москва, e-mail: agabubaev.a@misis.ru

Agabubaev A.T. – Senior Lecturer, Department of Automated Control Systems, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, e-mail: agabubaev.a@misis.ru

Темкин И.О. – доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», г. Москва, e-mail: temkin.io@misis.ru

Temkin I.O. – Doctor of Engineering, Head of Department of Automated Control Systems, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, e-mail: temkin.io@misis.ru

Козлов М.Е. – технический директор ООО «Ресолют» (ГК «Астра»), г. Москва, e-mail: max@gitflic.ru

Kozlov M.E. – Technical Director, Resolut LLC (Astra Group), Moscow, e-mail: max@gitflic.ru

Борщенко Д.А. – аспирант Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина, г. Иваново, e-mail: borshenko2001@bk.ru

Borshchenko D.A. – Postgraduate Student, Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, e-mail: borshenko2001@bk.ru

Косяков С.В. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения компьютерных систем Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина, г. Иваново, e-mail: ksv@igt.ispu.ru

Kosyakov S.V. – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Computer Systems Software, Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, e-mail: ksv@igt.ispu.ru

Гертер Е.А. – магистрант Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, e-mail: journal@moofrnk.com

Gerter E.A. – Master's Student, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, e-mail: journal@moofrnk.com

Кондратьев В.Ю. – кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, e-mail: journal@moofrnk.com

Kondratiev V.Yu. – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Information Systems, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, e-mail: journal@moofrnk.com

Гусев А.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры 307 Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва, e-mail: a.v.gusev79@yandex.ru

Gusev A.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department 307, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, e-mail: a.v.gusev79@yandex.ru

Азаров А.В. – начальник отдела 363, ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королева», г. Королев, e-mail: Aleksandr.azarov3@rsce.ru

Azarov A.V. – Head of Department 363, S.P. Korolev Rocket and Space Corporation Energia (RSC Energia), Korolev, e-mail: Aleksandr.azarov3@rsce.ru

Дворникова Е.М. – старший преподаватель кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: e.m.dvornikova@mirea.ru

Dvornikova E.M. – Senior Lecturer, Department of Mathematical Support and Standardization of Information Technologies, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: e.m.dvornikova@mirea.ru

Николаева С.В. – доктор технических наук, профессор кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: snikolaeva@yandex.ru

Nikolaeva S.V. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Mathematical Support and Standardization of Information Technologies, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: snikolaeva@yandex.ru

Дьячкова В.В. – кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных технологий Донбасского государственного технического университета, г. Алчевск, e-mail: dyachkova.vika@gmail.com

Dyachkova V.V. – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Information Technologies, Donbas State Technical University, Alchevsk, e-mail: dyachkova.vika@gmail.com

Коваленко Е.С. – старший преподаватель кафедры информационных технологий Донбасского государственного технического университета, г. Алчевск, e-mail: kathris92@gmail.com

Kovalenko E.S. – Senior Lecturer, Department of Information Technologies, Donbas State Technical University, Alchevsk, e-mail: kathris92@gmail.com

Ефимов С.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, e-mail: efimov@bk.ru

Efimov S.N. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Control Systems, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, e-mail: efimov@bk.ru

Савенков Н.А. – магистрант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, e-mail: 13_pak-13@mail.ru

Savenkov N.A. – Master's Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, e-mail: 13_pak-13@mail.ru

Копейкин А.А. – магистрант Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: lika@aya-os.ru

Kopeikin A.A. – Master's Student, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: lika@aya-os.ru

Добронец Б.С. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры систем искусственного интеллекта Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: BDobronets@yandex.ru

Dobronets B.S. – Doctor of Science (Physics and Mathematics), Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: BDobronets@yandex.ru

Лобанов А.В. – старший преподаватель кафедры информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, г. Москва, e-mail: lobanov.a.v@muctr.ru

Lobanov A.V. – Senior Lecturer, Department of Information and Computer Technologies, D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, e-mail: lobanov.a.v@muctr.ru

Пысин М.Д. – старший преподаватель кафедры информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, г. Москва, e-mail: pysin.m.d@muctr.ru

Pysin M.D. – Senior Lecturer, Department of Information and Computer Technologies, D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, e-mail: pysin.m.d@muctr.ru

Кольцова Э.М. – доктор технических наук, профессор кафедры информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, г. Москва, e-mail: koltsova.e.m@muctr.ru

Koltsova E.M. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Information and Computer Technologies, D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, e-mail: koltsova.e.m@muctr.ru

Архипов А.М. – магистрант Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, г. Москва, e-mail: 200081@muctr.ru

Arkhipov A.M. – Master's Student, D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, e-mail: 200081@muctr.ru

Пашаев М.Я. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой сетей связи и систем коммутации Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, e-mail: gs16@mail.ru

Pashaev M.Ya. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Head of Department of Communication Networks and Switching Systems, Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, e-mail: gs16@mail.ru

Полусмак А.А. – аспирант Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, e-mail: polusmak.aa@dvfu.ru

Polusmak A.A. – Postgraduate Student, Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: polusmak.aa@dvfu.ru

Величко А.С. – кандидат физико-математических наук, профессор департамента математики института математики и компьютерных технологий Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, e-mail: velichko.as@dvfu.ru

Velichko A.S. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Professor, Department of Mathematics, Institute of Mathematics and Computer Technologies, Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: velichko.as@dvfu.ru

Риша Ареш – аспирант, ассистент кафедры управления и интеллектуальных технологий Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Москва, e-mail: RishaA@mpei.ru

Risha Arej – Postgraduate Student, Assistant, Department of Control and Intelligent Technologies, National Research University MPEI, Moscow, e-mail: RishaA@mpei.ru

Косинский М.Ю. – кандидат технических наук, доцент кафедры управления и интеллектуальных технологий Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Москва, e-mail: KosinskyMY@mpei.ru

Kosinsky M.Yu. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Control and Intelligent Technologies, National Research University MPEI, Moscow, e-mail: KosinskyMY@mpei.ru

Синюков Д.В. – ИТ специалист, разработчик, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, e-mail: dnsinyukov@gmail.com

Sinyukov D.V. – IT specialist, developer, Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: dnsinyukov@gmail.com

Шамраева Е.О. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, e-mail: dnsinyukov@gmail.com

Shamraeva E.O. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: dnsinyukov@gmail.com

Шумачков А.А. – аспирант Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: anton.sh2014@yandex.ru

Shumachkov A.A. – Postgraduation Student, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: anton.sh2014@yandex.ru

Сочнев А.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: asochnev@sfu-kras.ru

Sochnev A.N. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Applied Mechanics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: asochnev@sfu-kras.ru

Чесалов А.Ю. – кандидат технических наук, генеральный директор ООО «Программные системы Атлансис», г. Тверь, e-mail: achesalov@mail.ru

Chesalov A.Yu. – Candidate of Science (Engineering), General Director of Atlansis Software Systems LLC, Tver, e-mail: achesalov@mail.ru

Глазунов Н.А. – главный инженер ООО «Рилайд Проект», г. Москва, e-mail: 9856417599@acares.ru

Glazunov N.A. – Chief Engineer, Relyde Project LLC, Moscow, e-mail: 9856417599@acares.ru

Аникина М.А. – кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии развития и консультирования Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: anikina-ma@yandex.ru

Anikina M.A. – Candidate of Science (Psychology), Associate Professor, Department of Developmental Psychology and Counseling, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: anikina-ma@yandex.ru

Бутенко В.Н. – кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии развития и консультирования Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: verabutenko75@yandex.ru

Butenko V.N. – Candidate of Science (Psychology), Associate Professor, Department of Developmental Psychology and Counseling, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: verabutenko75@yandex.ru

Бутенко А.В. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и социальной педагогики Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: buten-and@yandex.ru

Butenko A.V. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of General and Social Pedagogy, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: buten-and@yandex.ru

Землянова В.В. – студент Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: urvvaall@yandex.ru

Zemlyanova V.V. – Student, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: urvvaall@yandex.ru

Бакланова Н.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики и методики обучения математике Омского государственного педагогического университета, г. Омск, e-mail: zhygachova@mail.ru

Baklanova N.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Mathematics and Mathematics Teaching Methodology, Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: zhygachova@mail.ru

Ван Цзя – доцент, заместитель начальника отдела приема и трудоустройства студентов Хэйхэского университета, г. Хэйхэ (Китай), e-mail: 509871631@qq.com

Wang Jia – Associate Professor, Deputy Head of Student Admissions and Employment Office, Heihe University, Heihe (China), e-mail: 509871631@qq.com

Лу Цзинцзин – доцент Дальневосточного института Хэйхэского университета, г. Хэйхэ (Китай), e-mail: 509871631@qq.com

Lu Jingjing – Associate Professor, Far East Institute, Heihe University, Heihe (China), e-mail: 509871631@qq.com

Григорьев Ю.В. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и технологий Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, e-mail: _grigyv@mail.ru

Grigoriev Yu.V. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Informatics and Technologies, I.Ya. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: _grigyv@mail.ru

Фадеева К.Н. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и технологий Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, e-mail: fadeevakn@mail.ru

Fadeeva K.N. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Informatics and Technologies, I.Ya. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: fadeevakn@mail.ru

Загузова С.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры организации тренерской деятельности Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, e-mail: s.zaguzova@mail.ru

Zaguzova S.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Coaching Organization, Derzhavin Tambov State University, Tambov, e-mail: s.zaguzova@mail.ru

Стрекалов А.С. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры организации тренерской деятельности Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, e-mail: strekalov@tsutmb.ru

Strekalov A.S. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Coaching Organization, Derzhavin Tambov State University, Tambov, e-mail: strekalov@tsutmb.ru

Кучкова Л.А. – старший преподаватель кафедры физической культуры Омского государственного медицинского университета, г. Омск, e-mail: lilya_rasskazova@mail.ru

Kuchkova L.A. – Senior Lecturer, Department of Physical Education, Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: lilya_rasskazova@mail.ru

Шредер А.Ю. – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры Омского государственного медицинского университета, преподаватель кафедры физической подготовки Омского автобронетанкового инженерного института, г. Омск, e-mail: ashreder@mail.ru

Schreder A.Yu. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Head of Department of Physical Education, Omsk State Medical University, Lecturer, Department of Physical Training, Omsk Auto-

Armored Engineering Institute, Omsk, e-mail: ashreder@mail.ru

Кузнецова Н.С. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры Омского государственного медицинского университета, Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского, г. Омск, e-mail: pyatka@mail.ru

Kuznetsova N.S. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Physical Education, Omsk State Medical University, Dostoevsky Omsk State University, Omsk, e-mail: pyatka@mail.ru

Ушаков А.Г. – старший преподаватель кафедры физической культуры Омского государственного медицинского университета, г. Омск, e-mail: antiadminus@mail.ru

Ushakov A.G. – Senior Lecturer, Department of Physical Education, Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: antiadminus@mail.ru

Меситский В.С. – мастер спорта СССР, старший преподаватель кафедры физической культуры Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова, г. Симферополь, e-mail: salidinov.amet@gmail.com

Mesitsky V.S. – Master of Sports of the USSR, Senior Lecturer, Department of Physical Education, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol, e-mail: salidinov.amet@gmail.com

Салидинов А.Р. – преподаватель кафедры прикладной информатики Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова, г. Симферополь, e-mail: salidinov.amet@gmail.com

Salidinov A.R. – Lecturer, Department of Applied Informatics, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol, e-mail: salidinov.amet@gmail.com

Мирошниченко Е.Н. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков Воронежского государственного университета инженерных технологий, г. Воронеж, e-mail: emirosh79@gmail.com

Miroshnichenko E.N. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Foreign Languages, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: emirosh79@gmail.com

Фролова В.П. – кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков Воронежского государственного университета инженерных технологий, г. Воронеж, e-mail: verairafrolova@mail.ru

Frolova V.P. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Department of Foreign Languages, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: verairafrolova@mail.ru

Никитина О.Л. – кандидат филологических наук, доцент, заведующий кафедрой русского и иностранных языков Воронежского института ФСИН России, г. Воронеж, e-mail: olga-gamova26@rambler.ru

Nikitina O.L. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Head of Department of Russian and Foreign Languages, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, e-mail: olga-gamova26@rambler.ru

Тарасов А.Е. – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой спортивно-педагогических дисциплин и туризма Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Tarasov A.E. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Head of Department of Sports

Pedagogical Disciplines and Tourism, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Разжигает Н.Ю. – магистрант Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Razzhigayeva N.Yu. – Master's Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Добрянцева А.З. – магистрант Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Dobryantseva A.Z. – Master's Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Афанасьева У.А. – магистрант Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Afanasyeva U.A. – Master's Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Ifk.siga@mail.ru

Шадрина С.Н. – кандидат педагогических наук, доцент педагогического института Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: shadrinasn@mail.ru

Shadrina S.N. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Pedagogical Institute, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: shadrinasn@mail.ru

Городова Н.О. – студент Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Gorodova N.O. – Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Дарбасов А.А. – начальник отдела по спортивной подготовке Спортивной школы по футболу, студент Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Darbasov A.A. – Head of Sports Training Department, Football Sports School, Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Макзатбек уулу Адилет – тренер-преподаватель Детско-юношеской спортивной школы № 10, студент Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Makzatbek uulu Adilet – Coach-Teacher of Children and Youth Sports School No. 10, Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Колодезникова С.И. – кандидат педагогических наук, доцент Института физической культуры и спорта Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Kolodeznikova S.I. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Institute of Physical Culture and Sports, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Arian.darbasov@mail.ru

Ничуразова А.А. – аспирант Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, e-mail: a.nichurazova@mailvg.ru

Nichurazova A.A. – Postgraduate Student, A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, e-mail: a.nichurazova@mailvg.ru

Гудиллов Я.А. – аспирант Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, e-mail: ya.gudilov@mailvg.ru

Gudilov Ya.A. – Postgraduate Student, A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, e-mail: ya.gudilov@mailvg.ru

Фирсов А.В. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, e-mail: firsov-av@rguk.ru

Firsov A.V. – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Information Technologies and Computer Design, A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, e-mail: firsov-av@rguk.ru

Самсонова Е.В. – старший преподаватель кафедры английской филологии и межкультурной коммуникации Елабужского института Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Елабуга, e-mail: ekaterina-samsonova-1987@mail.ru

Samsonova E.V. – Senior Lecturer, Department of English Philology and Intercultural Communication, Yelabuga Institute of Kazan (Volga Region) Federal University, Yelabuga, e-mail: ekaterina-samsonova-1987@mail.ru

Забирова О.Р. – кандидат филологических наук, доцент института международных отношений, истории и востоковедения Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань, e-mail: OIRFajzullina@kpfu.ru

Zabirova O.R. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Institute of International Relations, History and Oriental Studies, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, e-mail: OIRFajzullina@kpfu.ru

Юсупов Б.Д. – аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань, e-mail: bultrat@mail.ru

Yusupov B.D. – Postgraduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, e-mail: bultrat@mail.ru

Калманович В.Л. – доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания и спорта Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань, e-mail: volek71@yandex.ru

Kalmanovich V.L. – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Sports at Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, e-mail: volek71@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ
SCIENCE PROSPECTS
№ 7(202).2026.
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписано в печать 22.07.2026 г.
Дата выхода в свет 29.07.2026 г.
Формат журнала 60×84/8
Усл. печ. л. 24,88. Уч.-изд. л. 16,86.
Тираж 1000 экз.
Цена 300 руб.
16+
Издательский дом ООО «НТФ РИМ».