ISSN 2713-1874 (print)

Том 14, № 2
2026

Научный журнал ЭПИ

Экономика
Право
Инновации

Scientific journal Economics. Law. Innovation

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Максимова Татьяна Геннадьевна, д-р экон. наук, канд. техн. наук, профессор, профессор факультета прикладной информатики, факультета технологического менеджмента и инноваций, Университет ИТМО

EDITOR-IN-CHIEF

Tatiana G. Maximova, D.Sc, PhD, Professor, Faculty of Applied Informatics, Faculty of Technology Management and Innovation, ITMO University

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Антипов Антон Александрович, канд. филол. наук, доцент, доцент Центра развития института интеллектуальной собственности, Университет ИТМО

Бессмертный Игорь Александрович, д-р техн. наук, профессор, профессор факультета программной инженерии и компьютерной техники; сотрудник Международного научного центра «Нелинейные и адаптивные системы управления», Университет ИТМО

Будрин Александр Германович, д-р экон. наук, профессор, профессор факультета технологического менеджмента и инноваций, Университет ИТМО

Ватьян Александра Сергеевна, канд. техн. наук, доцент факультета прикладной информатики; ст. науч. сотр. Национального центра когнитивных разработок, Университет ИТМО

Верзилин Дмитрий Николаевич, д-р экон. наук, канд. техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук; заведующий кафедрой менеджмента и экономики спорта, НГУ имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург

Горбашко Елена Анатольевна, д-р экон. наук, профессор, проректор по научной работе, Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Горлушкина Наталия Николаевна, канд. техн. наук, доцент, доцент факультета прикладной информатики, Университет ИТМО

Горовой Александр Андреевич, д-р экон. наук, доцент, профессор факультета технологического менеджмента и инноваций, Университет ИТМО

Ена Олег Валерьевич, куратор стратегического развития, Проектный офис, Федеральный институт промышленной собственности

Кравец Алла Григорьевна, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», руководитель проектной лаборатории «Киберфизические системы», Волгоградский государственный технический университет

Кузнецова Татьяна Викторовна, д-р пед. наук, профессор, Почетный работник высшего профессионального образования, Федеральный институт промышленной собственности, заведующий Всероссийской патентно-технической библиотекой

Мурашова Светлана Витальевна, канд. экон. наук, доцент, начальник отдела управления интеллектуальной собственностью, ФГУП «Крыловский государственный научный центр»; доцент Центра развития института интеллектуальной собственности, Университет ИТМО

Николаев Андрей Сергеевич, канд. экон. наук, директор центра развития института интеллектуальной собственности, Университет ИТМО

Павлов Александр Николаевич, д-р техн. наук, профессор, профессор ВКА им. А.Ф. Можайского; ведущий научный сотрудник лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук

Соколов Борис Владимирович, д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, руководитель лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук

Трофимов Валерий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информатики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Туккель Иосиф Львович, д-р техн. наук, профессор, профессор высшей школы киберфизических систем и управления, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Харламова Татьяна Львовна, д-р экон. наук, профессор, профессор Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Хоружников Сергей Эдуардович, канд. физ.-мат. наук, доцент, директор национального центра квантового интернета, директор центра авторизованного обучения информационным технологиям; руководитель Международной лаборатории сетевых технологий в распределенных компьютерных системах, Университет ИТМО

Черешнев Валерий Александрович, академик РАН и РАМН, д-р мед. наук, профессор, научный руководитель Института иммунологии и физиологии УрО РАН, заведующий кафедрой иммунохимии, Уральский федеральный университет; президент Евразийского научно-исследовательского института человека, Уральский государственный экономический университет

Шаныгин Сергей Иванович, д-р экон. наук, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры статистики, учёта и аудита экономического факультета, Санкт-Петербургский государственный университет

Шульгин Дмитрий Борисович, д-р экон. наук, канд. физ.-мат. наук, доцент, директор Центра интеллектуальной собственности, заведующий кафедрой инноватики и интеллектуальной собственности, Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина

Юрьева Лариса Владимировна, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры учета, анализа и аудита, Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина

EDITORIAL BOARD

Anton A. Antipov, PhD, Associate Professor, Center for the Development of the Institute of Intellectual Property, ITMO University

Igor A. Bessmertny, D.Sc, Professor, Faculty of Software Engineering and Computer Technology; Employee of the International Scientific Center «Nonlinear and Adaptive Control Systems», ITMO University

Aleksandr G. Budrin, D.Sc, Professor, Faculty of Technology Management and Innovation, ITMO University

Aleksandra S. Vatian, PhD, Associate Professor, Faculty of Applied Informatics; Senior Researcher in National Center for Cognitive Development, ITMO University

Dmitriy N. Verzilin, D.Sc, PhD, Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Information Technologies in System Analysis and Modeling, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; Head of the Department of Management and Economics of Sports, Lesgaft NSU, St. Petersburg

Elena A. Gorbashko, D.Sc, Professor, Vice-Rector for Research, St. Petersburg State University of Economics

Natalia N. Gorlushkina, PhD, Associate Professor, Faculty of Applied Informatics, ITMO University

Alexandr A. Gorovoi, D.Sc, Professor, Faculty of Technology Management and Innovation, ITMO University

Oleg V. Ena, Curator of Strategic Development, the Project office, Federal Institute of Industrial Property

Alla G. Kravets, D.Sc, Professor, Professor of the Department of Computer-Aided Design and Search Design, Head of the Cyber-Physical Systems Design Laboratory, Volgograd State Technical University

Tatyana V. Kuznetsova, D.Sc, Professor, Honorary Worker of Higher Education, Federal Institute of Industrial Property, Head of the All-Russian Patent and Technical Library

Svetlana V. Murashova, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Intellectual Property Management, FSUE «Krylovsky State Scientific Center»; Associate Professor, Center for the Development of the Institute of Intellectual Property, ITMO University

Andrei S. Nikolaev, PhD, Associate Professor, Director of the Development Center of the Institute of Intellectual Property, ITMO University

Alexander N. Pavlov, D.Sc, Professor, Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky; Leading Researcher of Laboratory of Information Technologies in System Analysis and Modeling, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Boris V. Sokolov, D.Sc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Laboratory of Information Technologies in System Analysis and Modeling, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Valeriy V. Trofimov, D.Sc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Saint Petersburg State University of Economics

Iosif L. Tukkel, D.Sc, Professor, Professor of the Higher School of Cyberphysical Systems and Control, Saint-Petersburg Peter the Great Polytechnic University

Tatiana L. Kharlamova, D.Sc, Professor, Graduate School of Industrial Management, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Sergey E. Khoruzhnikov, PhD, Associate Professor, Director of the National Center for Quantum Internet; Director of the Center for Authorized Information Technology Training; Head of the International Laboratory for Network Technologies in Distributed Computer Systems, ITMO University

Valeriy A. Chereshnev, Academician of RAS and RAMS, D.Sc, Professor, Scientific Director of the Institute of Immunology and Physiology Ural branch of RAS, Head of Immunochemistry Department, Ural Federal University; President of the Eurasian Human Research Institute, Ural State University of Economics

Sergei I. Shanygin, D.Sc, PhD, Associate Professor, Professor, Department of Statistics, Accounting and Auditing of the Faculty of Economics, St. Petersburg State University

Dmitry B. Shulgin, D.Sc, PhD, Associate Professor, Head of the Intellectual Property Center, Head of Innovation and Intellectual Property Department, Ural Federal University of the First President of Russia B. N. Yeltsin

Larisa V. Iurieva, D.Sc, Professor, Accounting, Analysis and Audit Department, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin

Удалова Александра Леонидовна, инженер факультета прикладной информатики Университета ИТМО – ***ответственный секретарь редакции***

Aleksandra L. Udalova, Engineer**,** Faculty of Applied Informatics, ITMO University – ***executive secretary***

ЭКОНОМИКА. ПРАВО. ИННОВАЦИИ
Научный журнал
ISSN 2713-1874
DOI: 10.17586/2713-1874

2026. Том 14. № 2. Сквозной номер выпуска – 42

Учредитель и издатель:
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., дом 49, литер А

Адрес редакции:
199034, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Биржевая линия, дом 16.
телефон: (812) 480-04-96 ecinn@itmo.ru
https://ecinn.itmo.ru/

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-48173
выдано 19.01.2012 Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Язык журнала – русский, английский
Периодичность выхода издания – 4 номера в год

Плата за публикации и редактирование не взимается

ECONOMICS. LAW. INNOVATION
Scientific journal
Transliterated title is «Ekonomika. Pravo. Innovacii»

2026. Vol. 14. No. 2. Continuous issue 42

Founder and publisher
ITMO University
49, lit A, Kronverksky pr., St. Petersburg, 197101, Russia

Editorial office
16, Birzhevaya liniya, Saint Petersburg, 199034, Russian Federation,
phone: (812) 480-04-96 ecinn@itmo.ru
https://ecinn.itmo.ru/

Certificate of registration of mass media
ПИ № ФС 77-48173 dated 19.01.2012
by The Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)

Language of the journal: Russian, English
Publication frequency is 4 times a year

Publication and editing are free of charge

Главный редактор: *Т. Г. Максимова*
Корректура, компьютерная верстка: *А. Л. Удалова*

Подписано в печать 24.06.2026 г. Дата выхода в свет 30.06.2026. Формат 60x84 1/8. Усл.печ.л. 10,81.
Гарнитура TimesNewRoman. Тираж 50 экз. 1 завод – 26 экз. Заказ № 114. Свободная цена.
Отпечатано: ООО «Университетские телекоммуникации» Типография на Биржевой
199034, Санкт-Петербург, В.О., Биржевая линия, д. 16
Тел.: +7 (812) 915-14-54 e-mail: zakaz@TiBir.ru

Региональная и отраслевая экономика / Regional and branch economics

Малых А. И., Ноженко Д. Ю., Шишкина Е. А. Методический инструментарий оценки неоднородности обеспеченности населения крупной городской агломерации социальной инфраструктурой 4
Malykh A. I., Nozhenko D. Yu., Shishkina E. A. Methodological Tools for Assessing the Heterogeneity of The Provision of Social Infrastructure to the Population of a Large Urban Agglomeration (In Russ.)

Орлова Е. А., Полянская С. В. Районирование на основе статистических показателей социально-экономического развития российских регионов: сравнительный анализ методов кластеризации 18
Orlova E. A., Polyanskaya S. V. Comparative Analysis of Different Approaches to Clustering Multidimensional Data Using the Example of Russian Regions (In Russ.)

Кунин В. А., Лазарева Н. А. Трансформация бухгалтерской отчётности компании с целью обеспечения финансовой безопасности и управления маржинальной прибылью 31
Kunin V. A., Lazareva N. A. Transformation of Financial Reporting for Use in Corporate Finance Management (In Russ.)

Савченков С. А., Черкасская А. М., Юдинцева Е. Р. Оценка жизнеспособности стартапов в сфере биотехнологий 43
Savchenkov S. A., Cherkasskaya A. M., Yudintseva E. R. Assessing the Viability of Biotechnology Startups (In Russ.)

Белинская И. В., Болина О. В. Валидация применения больших языковых моделей для цифровой трансформации маркетинговой деятельности 58
Belinskaia I. V., Bolina O. V. Validation of Large Language Models for Digital Transformation of Marketing Activities (In Russ.)

Управление в организационных системах / Management in organizational systems

Гвоздева Т. В., Буйлов П. В., Дерова И. Д. Информационная технология управления организационным развитием компании на основе компетентностной модели 70
Gvozdeva T. V., Buylov P. V., Derova I. D. Information Technology for Managing the Organizational Development of a Company Based on a Competence Model (In Russ.)

Кондрашов И. С., Бацанова Е. А., Гусарова Н. Ф. Повышение эффективности управления этапом последней мили в логистической системе на основе ансамблевого метаэвристического алгоритма 80
Kondrashov I. S., Batsanova E. A., Gusarova N. F. Improving the Efficiency of Last-Mile Stage Management in a Logistics System Based on an Ensemble Metaheuristic Algorithm (In Russ.)

Научная статья
УДК 332.1
DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-4-17

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ НЕОДНОРОДНОСТИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КРУПНОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Александр Игоревич Малых[1], Дмитрий Юрьевич Ноженко[2], Елена Александровна Шишкина[3]✉

[1,2,3]Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия
[1]Malix.alex40@gmail.com, https://orcid.org/0009-0002-6397-4139
[2]nogenkod74@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-7549-1185
[3]le_gre@mail.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-1280-3105
Язык статьи – русский

Аннотация: Актуальность оценки обеспеченности территорий объектами социальной инфраструктуры обусловлена необходимостью совершенствования инструментов градостроительного планирования в условиях растущей плотности застройки и дефицита свободных городских пространств. Цель статьи состоит в разработке и апробации комплексного методического инструментария оценки фактического дисбаланса между мощностью существующих учреждений социальной инфраструктуры и реальной потребностью населения агломерации в них. Теоретическую и методологическую основу исследования составили научные труды в области урбанистики, региональной экономики и управления, инфраструктуры, геоаналитики. В инструментарий работы входят: методы математического моделирования, картографического синтеза, а также метод оценки плотности ядер. В рамках проведенной работы предложен авторский алгоритм пространственного анализа в среде QGIS, ключевым элементом которого является оценка плотности населения и избыточности нагрузки на социальную инфраструктуру, ее визуальное агрегирование. Новизна методики заключается в разработке алгоритма верификации разрозненных данных, а также синтеза градостроительных и экономических инструментов анализа для определения зон инфраструктурного дефицита. Апробация методики на примере г. Екатеринбурга позволила локализовать участки дефицита объектов социальной инфраструктуры. Полученные результаты определяют возможные направления совершенствования градостроительной политики и могут быть использованы при принятии научно обоснованных решений о локализации инфраструктуры, формировании жилищной политики, выборе места проживания и др.

Ключевые слова: геоаналитика, городская агломерация, дефицит инфраструктуры, комфортная городская среда, пространственный анализ, социальная инфраструктура, урбанистика, безопасность населения, QGIS

Ссылка для цитирования: Малых А. И., Ноженко Д. Ю., Шишкина Е. А. Методический инструментарий оценки неоднородности обеспеченности населения крупной городской агломерации социальной инфраструктурой // Экономика. Право. Инновации. – 2026. – Т. 14.– № 2.– С. 4–17. – DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-4-17.

METHODOLOGICAL TOOLS FOR ASSESSING DISPARITIES IN THE PROVISION OF SOCIAL INFRASTRUCTURE TO THE POPULATION OF A LARGE URBAN AGGLOMERATION

Alexander I. Malykh[1], Dmitry Yu. Nozhenko[2], Elena A. Shishkina[3]✉

[1,2,3]Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia
[1]Malix.alex40@gmail.com, https://orcid.org/0009-0002-6397-4139
[2]nogenkod74@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-7549-1185
[3]le_gre@mail.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-1280-3105
Article in Russian

Abstract: The relevance of assessing the availability of social infrastructure facilities in a given area stems from the need to improve urban planning tools in the face of increasing building density and a shortage of open urban spaces. The purpose of this article is to develop and test a comprehensive methodology for identifying the actual imbalance between the capacity of existing social infrastructure facilities and the real needs of the agglomeration's population for them. The theoretical and methodological foundation of the study consists of scientific works in the fields of urban studies, regional

economics and management, infrastructure, and geospatial analytics. The research tools include methods of mathematical modeling, cartographic synthesis, and the Kernel Density Estimation method. As part of this work, the author proposes an original algorithm for spatial analysis in the QGIS environment, the key element of which is the estimation of population density and the excess load on social infrastructure, along with its visual aggregation. The novelty of the methodology lies in the development of an algorithm for verifying disjointed data, as well as the synthesis of urban planning and economic analysis tools to identify areas of infrastructure deficit. Testing the methodology using the city of Yekaterinburg as a case study made it possible to pinpoint areas with a shortage of social infrastructure facilities. The findings identify potential areas for improving urban planning policies and can be used to make evidence-based decisions regarding infrastructure location, the formulation of housing policies, the choice of residence, and other related matters.

Keywords: geoanalytics, urban agglomeration, infrastructure deficit, comfortable urban environment, spatial analysis, social infrastructure, urban studies, population security, QGIS

For citation: Malykh A. I., Nozhenko D. Yu., Shishkina E. A. Methodological Tools for Assessing the Heterogeneity of The Provision of Social Infrastructure to the Population of a Large Urban Agglomeration. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2026. Vol. 14. No. 2. pp. 4–17. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-4-17.

Введение. В условиях динамично меняющейся макроэкономической конъюнктуры последних лет, демографических трендов, актуальность оценки уровня экономических и особенно социальных возможностей и диспропорций существенно возрастает. В частности, особый интерес имеет анализ вопросов равенства в обеспеченности населения социальной инфраструктурой, который не агрегирован и обобщён административно-территориальными конструктами, а максимально приближён к конкретному месту и времени. Это же подтверждается положениями Указа Президента РФ «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [1]. Несмотря на то, что вопрос обеспечения доступности социальной инфраструктуры носит общенациональный характер, её практическая реализация во многом делегирована на муниципальный уровень. При этом достижение удовлетворительных средних показателей по регионам и городам зачастую создаёт иллюзию отсутствия внутригородского неравенства. Подобные диспропорции в распределении социальной инфраструктуры требуют проведения дополнительных исследований с применением инструментов пространственного анализа. Поэтому именно муниципальный уровень, представляется наиболее релевантным для исследования вопросов неоднородности в уровне социального обеспечения населения.

Исследовательская проблема. Цель исследования – разработка и апробация комплексного методического инструментария оценки фактического дисбаланса между мощностью существующих учреждений социальной инфраструктуры и реальной потребностью населения агломерации в них. Достижение поставленной цели предполагает последовательное решение задач по формированию алгоритма сбора децентрализованных данных, моделирование зон нормативной пешеходной доступности и верификации полученных результатов на примере ядра крупной городской агломерации.

Литературный обзор. Вопросы неоднородности обеспеченности населения муниципального образования социальной инфраструктурой являются междисциплинарными. Исследователи в своих работах в области урбанистики, инфраструктуры, градостроительства анализируют размещение учреждений в пространстве в соответствии с техническими нормами. В данной области можно выделить работы Е. Н. Белой, Г. В. Леонидовой, И. С. Когутяк, И. Ю. Чубаркиной [2–5]. Например, в работе [4] анализируются земельные участки, выделенные под комплексное развитие территорий, и делается вывод о прямой корреляции потребности в местах в школах и детских садах с ростом суммарной поэтажной площади строящихся жилых строений. В [5] рассматриваются вопросы обеспечения социальной инфраструктурой в контексте комплексного воспроизводства городской застройки на уровне урбан-блока. Автор обосновывает необходимость отказа от точечной застройки в пользу синхронного формирования жилой и социальной среды через внедрение ценностного подхода.

В рамках исследований по региональной экономике рассматриваются вопросы соци-

ально-экономической неоднородности территорий, их диспропорции. Однако анализ работ ведущих ученых [6–8] показывает, что при оценке дифференциации развития территорий сфера образования практически не рассматривается. В [9] при изучении неоднородности образовательной сферы учитываются только качественные индикаторы образования (результаты ЕГЭ, востребованность выпускников). Такой подход позволяет оценить эффективность работы учреждений, но оставляет за рамками анализа вопрос их физической доступности.

Изучению влияния агломерационных процессов на обеспеченность населения жильем, социальное неравенство, перегрузку инфраструктуры посвящены работы [10–12]. Авторами показано, что агломерационные процессы имеют двойственное проявление: они могут как порождать кризисы, так и ускорять социально-экономическую динамику, формируя в агломерации комфортное пространство для жизни.

В исследованиях социальной инфраструктуры агломераций применяется широкий спектр методов [13]: статистический анализ, графоаналитические методы, междисциплинарный, историко-типологический анализ, кейс-стади, методы пространственного анализа.

Авторы [14] указывают, что социальная инфраструктура в кризисные периоды определяет не только комфорт населения, но и экзистенциальность городских сообществ.

В [15] предлагается рассматривать образовательные учреждения как часть инфраструктуры заботы, которая является базовой необходимостью для гражданского общества и обеспечивает устойчивость городской среды. Дефицит таких объектов в быстрорастущих агломерациях, по мнению авторов, – это следствие сдвига «геометрии властей» на более практичные элементы инфраструктуры, например, дорожную сеть или коммунальное хозяйство. Исследователи в работе [16] сочетают элементы урбанизма и анализа социальной неоднородности, доказывая, что неоднородность глубоко укоренилась в структуре крупнейших городов мира и в них начала проявляться отчётливая диффузия на богатые и бедные районы, в которых доступ к медицине, образованию, развлечениям и иной социальной инфраструктуре существенно разнится.

На основе вышеприведенного обзора показано, что в современной литературе недостаточно представлены комплексные междисциплинарные исследования, сочетающие градостроительный анализ с оценкой социально-экономической неоднородности. Существенным ограничением таких исследований становится недостаток статистических данных о развитии образовательной инфраструктуры на внутригородском уровне. Официальная статистика по образовательным учреждениям на муниципальном уровне ограничена узким набором показателей: десять индикаторов характеризуют сферу дошкольного образования и восемь – дополнительного [17], в то время как данные по общему среднему образованию в разрезе внутригородских территорий отсутствуют. Восполнение этого информационного пробела имеет стратегическое значение для более качественного управления муниципальным образованием: детализированный пространственный анализ доступности общеобразовательных учреждений позволяет принимать обоснованные управленческие решения в области градостроительного планирования, оптимизировать распределение бюджетных ресурсов и обозначить приоритет инвестиционных проектов по развитию социальной инфраструктуры.

Методы и материалы исследования. Для реализации поставленных задач разработан многоэтапный алгоритм, учитывающий качество исходных статистических данных и специфику пространственной структуры территории. Объектом исследования выступила социальная (образовательная) инфраструктура муниципального образования. Исследование социальной инфраструктуры на примере ее образовательной (школьной) составляющей обусловлено тем, что именно размещение школ, их мощность наиболее жёстко регламентированы градостроительными и санитарными нормами. Дефицит мест в средних школах часто служит первым индикатором диспропорций развития территорий (уплотнительная застройка без ввода социальных объектов). Такой подход позволил также усилить глубину анализа пространственных паттернов, таких как доступность

по пешеходным и транспортным маршрутам. Полигон исследования – г. Екатеринбург с расположенными в его границах административными районами. В основу методики положен принцип иерархического анализа: от верификации локальных показателей социальной инфраструктуры в границах планировочного района до оценки их избыточности в контексте соседствующих территорий. Это позволяет не только зафиксировать текущий дефицит мест, но и определить потенциал компенсации нагрузки за счет внешних ресурсов соседних районов. Методика апробирована на примере Академического района города Екатеринбурга. Общая логика исследования, отражающая последовательность обработки данных и ключевые расчетные этапы, представлена на рисунке 1.

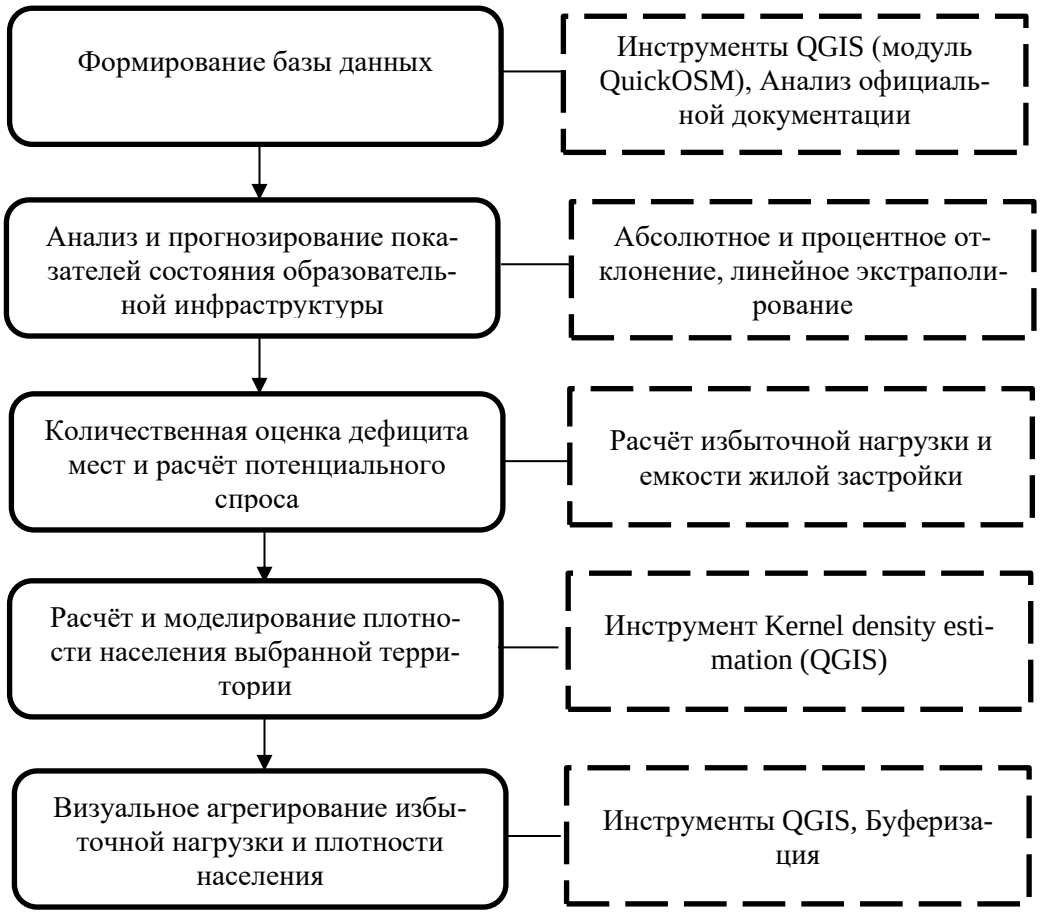

Рисунок 1 – Алгоритм исследования неоднородности обеспеченности населения муниципального округа (МО) социальной инфраструктурой

Источник: составлено авторами

Рассмотрим методические особенности каждого их представленных на рисунке этапов.

Этап 1. Сбор данных.

В работе применен метод многоканального поиска и перекрестной верификации данных, включающий три уровня источников.

1. Приоритетные источники с высокой достоверностью:

– отчет о результатах самообследования: документ, публикуемый на сайте школы (в разделах «Материально-техническое обеспечение» или «Общие сведения»), фиксируется проектная вместимость;

– программы развития образовательного учреждения;

– публичная кадастровая карта на официальном сайте Росреестра отображает кадастровую информацию, которая может содержать проектную мощность;

– выписки из ЕГРН: публикуются некоторыми образовательными учреждениями и содержат искомую информацию.

2. Технические и проектные источники (преимущественно для новых объектов):

– документация застройщика: для сооружений, введенных в эксплуатацию в последние 5–10 лет;

– портал государственных закупок: информация о мощности объекта фиксируется в технических заданиях на проектирование или строительство/реконструкцию.

3. Верификационные источники (косвенные данные):

– официальные пресс-релизы: публикации на сайтах профильных министерств или администраций по итогам открытия или приемки школ;

– новостные порталы: используются в исключительных случаях, когда официальная документация не содержит прямых цифр или находится в стадии обновления.

Координаты образовательных учреждений, координаты, площадь жилой застройки и границы исследуемой территории определялись при помощи модуля quickOSM геоинформационной среды QGIS. Дополнительно проводилась сверка жилых домов в сервисе Яндекс.Карты и дорисовка недостающих.

Этап 2. Анализ и прогнозирование показателей развития образовательных учреждений.

Для этого этапа использовались данные по фактической наполняемости и проектной мощности, полученные в рамках предыдущего шага, их хронологическое табличное агрегирование с указанием совокупного абсолютного и процентного отклонений, а также прогноз фактической наполняемости образовательных учреждений на ближайшие периоды.

Этап 3. Количественная оценка дефицита мест и расчёт емкости жилой инфраструктуры.

На данном шаге производился расчёт численности жителей в разрезе жилых зданий и избыточной нагрузки на каждое образовательное учреждение. Математическая модель определения численности населения жилого здания имеет вид:

$$x_{\text{нас}} = \frac{S \times k_{\text{ж}}}{N_{\text{ж}}}, \qquad (1)$$

где $x_{нас}$ – количество населения жилого здания (чел); S – общая площадь жилого здания (м^2); $k_{ж}$ – коэффициент жилой площади (коэффициент отражает среднюю долю помещений общего пользования (лестничные клетки, лифтовые холлы, технические помещения), составляющую порядка 30% от общей площади строения, в данной работе принят равным 0,7); $N_{ж}$ – нормативный показатель жилой площади на одного человека (согласно ФЗ № 283-ФЗ принят равным 18м^2).

Для количественной оценки дефицита мест и выявления пространственных диспропорций в обеспеченности населения услугами общего образования в методику введен интегральный показатель избыточной нагрузки $I_{изб}$. Данный индикатор отражает степень несоответствия фактической эксплуатации здания его проектным характеристикам. Расчёт производится по формуле:

$$I_{\text{изб}} = \left(\frac{N_{\text{ф}}}{N_{\text{п}}} - 1\right) \times 100\%, \qquad (2)$$

где $I_{изб}$ – показатель избыточной нагрузки (%); $N_{ф}$ – фактическое количество обучающихся в образовательном учреждении на текущий учебный год (чел.); $N_{п}$ – проектная мощность здания (чел.).

Значение показателя $I_{изб}>0$ свидетельствует о дефиците мест и нарушении проектных условий эксплуатации здания и говорит о том, что такие образовательные учреждения вынуждены функционировать в условиях двух смен, что безусловно повышает нагрузку как на конструкцию здания, так и на персонал. Значение $I_{изб}>100$ означает, что даже запас двухсменного формата превышен и образовательное учреждение функционирует с предельной нагрузкой и инструменты дополнительной вместимости исчерпаны.

Этап 4. Расчёт и моделирование плотности населения на выбранной территории.

На данном этапе осуществлялся переход от дискретных полигонов к непрерывному полю плотности населения. Целью этапа является визуализация пространственных концентраций жителей, формирующих нагрузку на образовательную инфраструктуру. В качестве основного метода использовался инструмент Kernel Density Estimation (KDE) – метод оценки плотности ядра. Форма ядра установлена как квартическая (бивесовая) для обеспечения плавного затухания плотности от центра к периферии расчетного полотна.

В результате расчетов выводится растровое изображение, где интенсивность цвета отражает количество человек на единицу площади (чел/га). Наложение данного слоя на

карту расположения школ позволяет визуально идентифицировать зоны дефицитного разрыва территории с высокой плотностью населения, находящиеся вне зон нормативного охвата или в зонах доступности школ с высокой избыточной нагрузкой.

Этап 5. Визуальное агрегирование избыточной нагрузки и плотности населения.

Производится интеграция расчетных показателей и визуализация итоговых результатов для выявления зон критического дефицита социальной (образовательной) инфраструктуры. Совмещается растровая модель плотности населения, полученная с помощью метода KDE в результате действий на четвертом этапе, и слой центроидов образовательных учреждений, к которым присвоены показатели избыточности, рассчитанные в рамках третьего этапа. Впоследствии производится идентификация дефицитных зон, которые должны отвечать двум условиям:

1) располагаться за пределами нормативного 500-метрового буфера доступности любого из государственных образовательных учреждений;

2) находиться в зоне высокой плотности населения (отражённому с помощью оценки плотности ядер).

Результатом является комплексная картосхема, которая служит обоснованием для принятия управленческих решений: выделения участков под строительство новых объектов или расширения существующих мощностей в точках максимального пространственного дефицита.

Результаты исследования. Екатеринбургская городская агломерация является одной из крупнейших в стране, в ее составе 14 муниципалитетов, ядро агломерации – г. Екатеринбург. Численность агломерации за последние 5 лет ежегодно увеличивается [17], что актуализирует вопросы ее инфраструктурной обеспеченности, в частности, учреждениями социальной инфраструктуры. Полигоном для апробации методики оценки инфраструктуры выбран Академический район г. Екатеринбурга, что обусловлено следующим:

1. Академический район является самым молодым районом города Екатеринбурга (создан в 2021 г.), следовательно, в нём формируется новый спрос на социальную инфраструктуру, который необходимо удовлетворить [19].

2. Академический район является самым быстрорастущим районом Екатеринбурга. Так, за 2023 г. на его территории было возведено более 50 объектов общей площадью 529,8 тыс. м^2, из которых 347,4 тыс. м^2 – жилые, следовательно, позиционирование района как преимущественно жилого, безусловно, создает существенные потребности в школьных местах в будущем [20].

3. В Академическом районе доля населения до 18 лет составляла 31% на 2023 г., что в полтора раза выше, чем в среднем по Екатеринбургу. Поэтому учёт таких экстремумов позволит создать кейс для будущих территориальных проектов [20].

4. Район расположен вблизи городов-спутников (Ревда, Первоуральск, Дегтярск), для которых характерна маятниковая миграция в ядро агломерации, что создаёт дополнительную нагрузку на социальную инфраструктуру.

В рамках первого этапа была проведена структуризации информации об образовательной инфраструктуре района. Специфика сбора данных заключалась в преодолении фрагментарности официальной статистики: проектная мощность объектов верифицировалась через перекрестный анализ отчетов самообследования школ, проектных деклараций застройщиков и тендерной документации. Результатом этапа стало создание атрибутивного реестра и проведение геокодирования объектов – привязки проектных мощностей и контингента к конкретным пространственным координатам в среде QGIS для последующего системного анализа.

В рамках второго этапа реализации методики был осуществлён анализ динамики показателей образовательных учреждений (см. таблицу 1).

Таблица 1

Численность обучающихся в общеобразовательных учреждениях Академического района г. Екатеринбурга в 2020–2024 гг., чел.

Источник: составлена авторами на основе агрегации данных из открытых информационных ресурсов [21]

Образовательное учреждение	Проектная мощность, чел.	2020	2021	2022	2023	2024	Δ (+/-), чел	Δ%
МАОУ СОШ № 23	1875	3177	3602	3847	4083	4310	+1133	+36
МАОУ СОШ № 19	875	2288	2287	2383	2460	2555	+267	+12
МАОУ СОШ № 16	1000	–	2387	2473	2535	2588	+201	+6
МАОУ СОШ № 79	1200	–	–	2446	2437	2844	+398	+16
МАОУ СОШ № 133	1200	–	–	–	–	1395*	–	–
МАОУ СОШ № 25	1530	–	–	–	2727	2890	+163	+6
МАОУ СОШ № 31	825	–	–	1174*	1702	1818	+641	+55
МАОУ СОШ № 181	1450	2197	2509	2574	2878	3033	+836	+38
МАОУ СОШ № 123	1100	–	–	1409*	2184	2220	+811	+57

Примечание: * – первый год работы образовательного учреждения

Как видно из обозначенных данных, численность обучающихся в образовательных учреждениях увеличивается в каждом из рассматриваемых периодов, что усиливает нагрузку на педагогический состав и инфраструктуру. В МАОУ СОШ № 31 и № 123 прирост обучающихся составил более 50% от первоначального количества, в МАОУ СОШ № 181 и № 23 рост был также высоким – 38 и 36% соответственно, в остальных объектах увеличение было умеренным (менее 20%).

Помимо этого, на основании информации, агрегированной в таблице 1, была проведена прогнозная оценка количества обучающихся в 2025-2027 гг. методом линейной экстраполяции динамического ряда (таблица 2).

Таблица 2

Прогнозная оценка количества обучающихся в общеобразовательных учреждениях Академического района г. Екатеринбурга, чел.

Источник: составлена авторами на основе таблицы 1

Образовательное учреждение	Среднегодовой прирост, чел.	2025*	2026	2027
МАОУ СОШ № 23	+283	4583	4876	5159
МАОУ СОШ № 19	+67	2621	2688	2755
МАОУ СОШ № 16	+67	2655	2722	2789
МАОУ СОШ № 79	+199	3043	3242	3441
МАОУ СОШ № 25	+163	3053	3216	3379
МАОУ СОШ № 31	+322	2140	2462	2784
МАОУ СОШ № 181	+209	3242	3451	3660
МАОУ СОШ № 123	+405	2626	3031	3436

Примечание: * – ввиду отсутствия опубликованных статистических данных используется оценка показателя

Таким образом, если предположить, что рост численности обучающихся будет иметь линейную зависимость, то в большинстве образовательных учреждений будет наблюдаться существенное увеличение нагрузки. Наименьший прирост прогнозируется в школах № 16 и № 19 – по 67 человек ежегодно. Наибольший среднегодовой прирост прогнозируется в МАОУ СОШ № 123 и № 31 в 405 и 322 подопечных соответственно. Однако стоит упомянуть, что прогноз по этим двум объектам является завышенным и не совсем точным по двум причинам: во-первых, временной ряд у обоих образовательных учреждений существенно ограничен всего тремя периодами, во-вторых, в выборку попадает первый год открытия, что как будет указано и далее в работе показывает существенные отклонения на интервале первого и второго года работы образовательного учреждения, что безусловно сильно завышает среднегодовой прирост. Поэтому в остальных учебных заведениях прогнозы являются более точными и показывают уже меньший прирост.

В рамках осуществления третьего этапа были рассчитаны численность населения жилых зданий и избыточная нагрузка образовательных учреждений. Численность населения жилых зданий была агрегирована в атрибутивной таблице геоинформационной системы Qgis в соответствии с каждым координатным значением. Расчёт избыточной нагрузки в том числе и использованием прогнозных данных был представлен в качестве динамического ряда (таблица 3).

Таблица 3

Избыточная нагрузка образовательных учреждений Академического района г. Екатеринбурга в 2020–2024 гг. с учётом прогноза на 2025-2027 гг., %

Источник: составлена авторами

Образовательное учреждение	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
МАОУ СОШ № 23	+69	+92	+105	+117	+129	+144	+160	+175
МАОУ СОШ № 19	+161	+161	+172	+181	+193	+199	+207	+215
МАОУ СОШ № 16	-	+138	+143	+153	+158	+165	+172	+179
МАОУ СОШ № 79	-	-	+104	+103	+137	+153	+170	+187
МАОУ СОШ № 133	-	-	-	-	+16*	-	-	
МАОУ СОШ № 25	-	-	-	+78	+89	+99	+110	+121
МАОУ СОШ № 31	-	-	+42*	+106	+120	+159	+198	+237
МАОУ СОШ № 181	+51	+73	+77	+99	+109	+123	+138	+152
МАОУ СОШ № 123	-	-	+28*	+99	+102	+138	+175	+212

Примечание: * – первый год работы образовательного учреждения

Проведённый анализ показывает сразу несколько интересных паттернов. Во-первых, избыточная нагрузка образовательных учреждений в первый год открытия является сравнительно умеренной, но уже в следующий период увеличивается в несколько раз. Во-вторых, с уверенностью можно судить, что абсолютно все школы Академического района работают свыше своих проектных мощностей, и в среднем превышение является двухкратным, хотя, например, в МАОУ СОШ № 23 приблизилось к трёхкратному. В-третьих, на рассматриваемом периоде было введено в действие три новых образовательных учреждения, и тот факт, что избыточная нагрузка не прекратила возрастать, означает лишь то, что спрос на места в школах растёт быстрее, чем государство его удовлетворяет, что в конечном итоге серьёзно влияет как на качество обучения всех учеников, так и общую загруженность преподавательского состава и может достичь критической массы, когда родители вынуждены переводить своих детей в школы, расположенные в других районах.

В рамках четвертого этапа была осуществлена визуализация плотности

населения с помощью метода ядерной оценки плотности (Kernel Density Estimation). В качестве весовых коэффициентов использовались данные о количестве проживающих в каждом жилом здании. Полученные результаты визуализации плотности населения Академического района города Екатеринбурга отражены на рисунке 2.

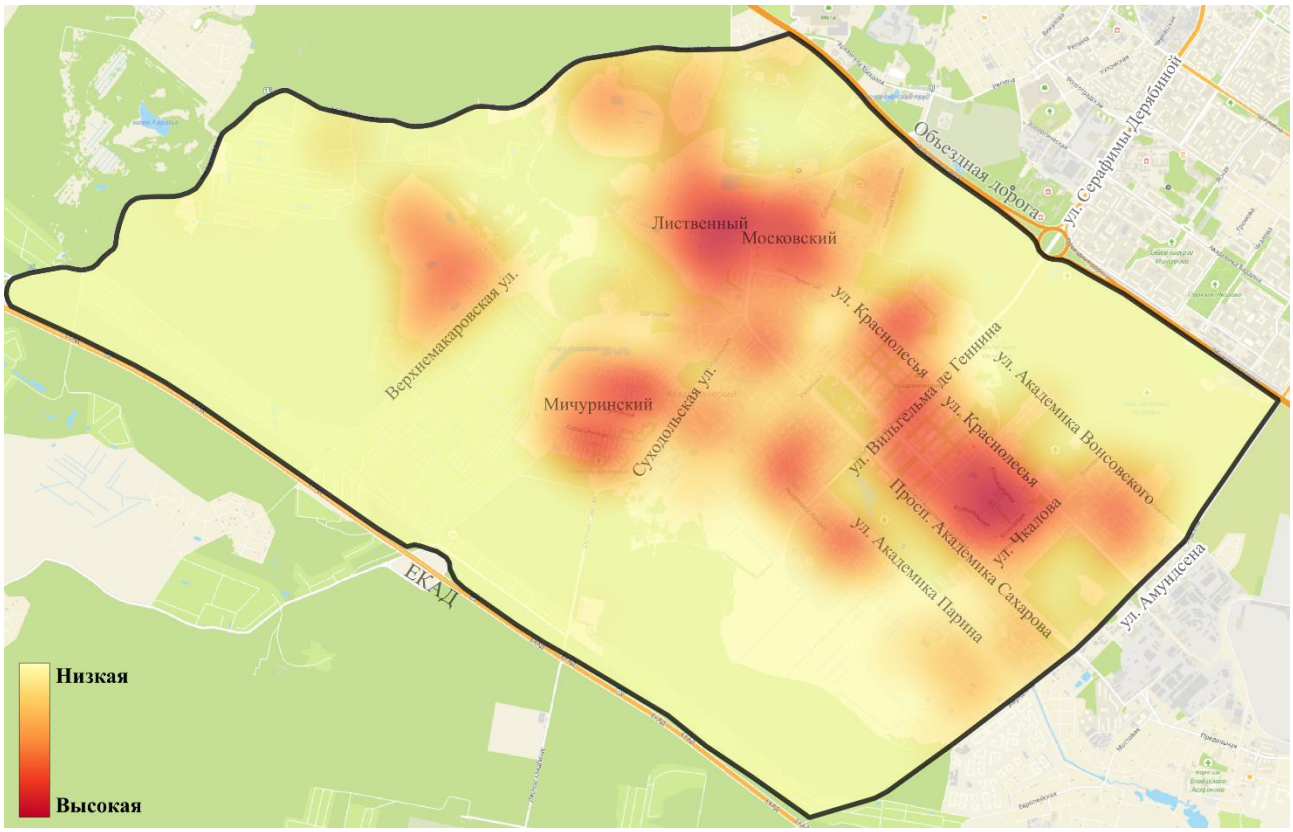

Рисунок 2 – Тепловая карта плотности населения Академического района г. Екатеринбурга (метод KDE)
Источник: составлен авторами

Анализ карты плотности населения Академического района позволяет констатировать ярко выраженный очаговый характер расселения. Основные ареалы концентрации жителей находятся в центральных кварталах района, образуя замкнутые участки сверхвысокой плотности, что характерно для современной многоэтажной застройки микрорайонного типа. Также на севере района наблюдается высокую плотность населения, однако данная территория приходится на посёлки Лиственный и Московский и преимущественно застроены коттеджными домохозяйствами и ввиду того, что в частном секторе обычно площадь, приходящаяся на одного человека, существенно выше, чем 18 м^2, то данная плотность определённо является завышенной.

В рамках заключительного этапа применения методики была сопоставлена картина плотности населения с показателем избыточной нагрузки образовательных учреждений, а также добавлен буфер, отражающий нормативный радиус пешеходной доступности, составляющий для Екатеринбурга 500м [22]. Результат отражён на рисунке 3.

Исходя из данных, полученных с помощью пространственной визуализации, можно утверждать, что в рамках Академического района присутствует существенная дифференциация в распределении социальной инфраструктуры и различия в условиях ее доступности для населения. Самым проблемным участком является центр района, где для образовательных учреждений характерно превышение нормативных значений вместимости на 120% – 190%. В целом это объясняется тем, что центр района является наиболее густонаселённым участком выбранной территории, поскольку располагает большинство

жилых зданий, а также тем, что данные образовательные учреждения работают уже более 10 лет и по мере населения и развития района это были единственные близлежащие школы для поступления или перевода учеников. Обратная картина наблюдается на периферии района, где избыточная нагрузка составляет от 16% до 120%, что одновременно объясняется недавним открытием образовательных учреждений и низкой плотностью населения на только застраивающихся участках муниципалитета.

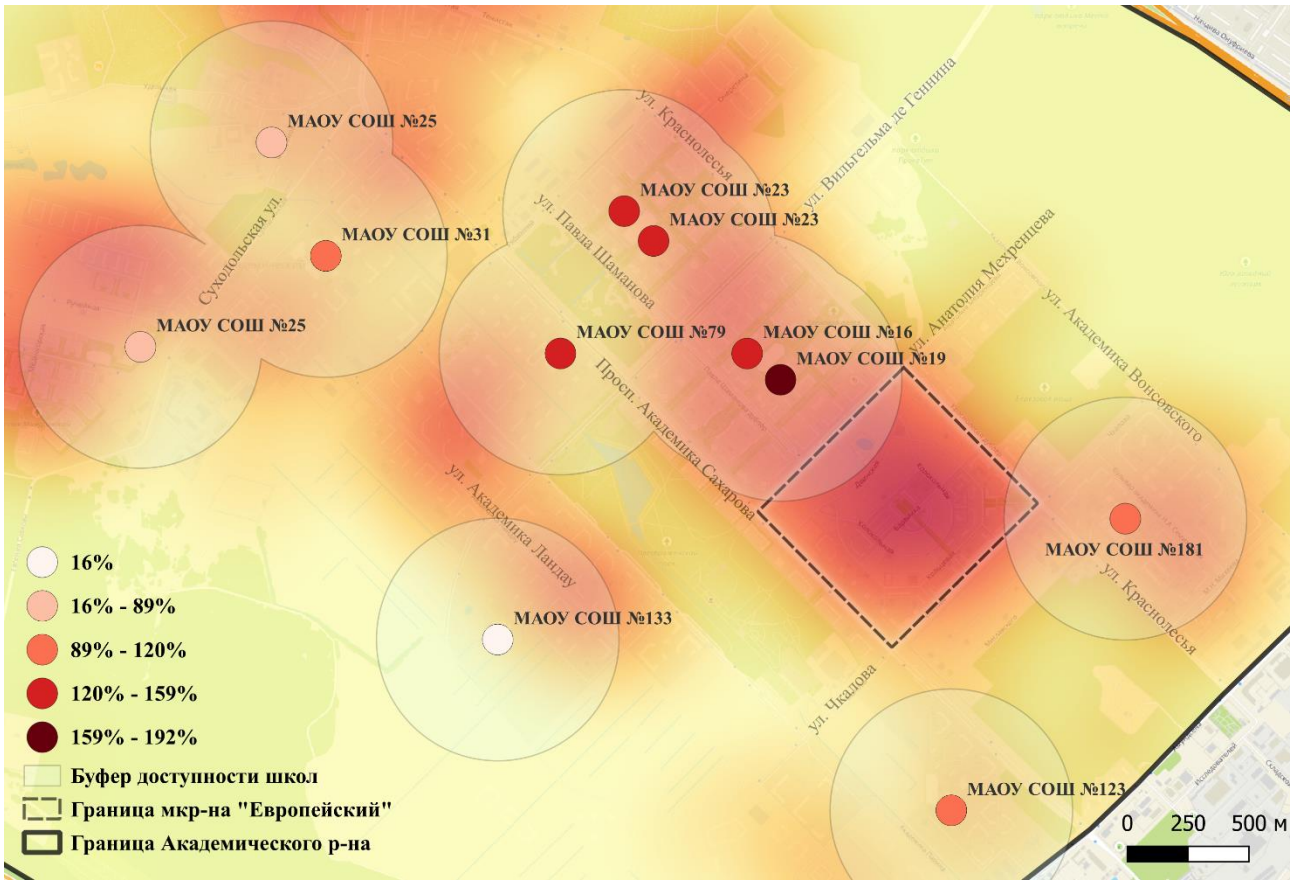

Рисунок 3 – Избыточная нагрузка школьных учреждений Академического района г. Екатеринбурга с буферной зоной
Источник: составлен авторами

Одной из наиболее необеспеченных территорий в плане доступности к общеобразовательным организациям и, в том числе, одним из самых густонаселённых в рамках района является участок, ограниченный улицами Краснолесья – Чкалова – Анатолия Мехренцева – Академика Сахарова. Данная территория имеет планировочный статус – микрорайона Европейский. Его особенность заключается в том, что фактически он раздроблен на две части, где друг с другом соседствует индивидуальное жилищное строительство с многоквартирными жилыми домами. Возможно, именно из-за этого на данной территории наблюдается дефицит школьных учреждений. Особенно это заметно в рамках всего региона, где в целом он подразделяется на участки квадратно-прямоугольной формы в каждом из которых присутствует по одной или даже несколько школ, а в микрорайоне «Европейский» присутствует только учреждение, предоставляющее образовательные услуги на коммерческой основе.

Выводы. В проведенном исследовании была разработана и апробирована авторская методика комплексной оценки фактической нагрузки на образовательную инфраструктуру в условиях плотной городской застройки. Новизна методики состоит в переходе от административного к планировочному принципу анализа с привязкой к каждому жилому дому на основе синтеза градостроительных (KDE, буферы доступности) и экономических (оценка избыточной

нагрузки) инструментов в едином верифицируемом алгоритме, что позволяет выявить диспропорции, скрытые при агрегировании по муниципалитету. Апробация методики показала следующее:

1. Предложенный алгоритм формирования реестра проектной мощности школ доказал свою эффективность даже в условиях отсутствия единой базы данных. Метод верификации (сопоставление самообследований школ, проектных деклараций и новостных архивов) позволил агрегировать данные по девяти образовательным объектам Академического района г. Екатеринбурга с высокой степенью точности.

2. Апробация методики на примере Академического района г. Екатеринбурга выявила системный дефицит школьных мест. Установлено, что во всех исследуемых учреждениях наблюдается превышение проектной мощности в среднем в два раза, а в МАОУ СОШ № 23 – почти в три раза. Прогнозная экстраполяция показывает, что при сохранении текущей динамики к 2027 году нагрузка на инфраструктуру возрастет еще на 15–40% в зависимости от локации.

3. С помощью метода оценки ядерной плотности (KDE) и буферного анализа были локализованы зоны инфраструктурных дефицитов района. Наиболее проблемным участком определен микрорайон «Европейский», посёлки «Московский» и «Лиственный» (входят в состав Академического района), где высокая плотность населения сочетается с отсутствием муниципальных школ в радиусе пешеходной доступности.

4. Апробация подтвердила результативность методики как инструмента для принятия управленческих решений. В перспективе методика может быть масштабирована на другие объекты социальной инфраструктуры и территории, дополнена динамической прогнозной моделью, учитывающей ввод нового жилья, а также интегрирована с методами машинного обучения для кластеризации зон дефицита инфраструктуры. Практическое внедрение методики обеспечит переход от усреднённого нормативного планирования к точечной диагностике зон инфраструктурного дефицита, открытость реализованного алгоритма обеспечивает его широкую доступность.

Декларация о применении ИИ. При подготовке текста статьи технологии искусственного интеллекта (ИИ) не использовались.

Список источников

1. Президент Российской Федерации. Указ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Официальное опубликование правовых актов [Электронный ресурс]. – URL: www.publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015 (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.

2. Белая Е. Н. Экономическое обоснование размещения дошкольных образовательных учреждений при реконструкции городской застройки: автореф. дис. … канд. экон. наук. Ростов н/Д., 2014. – 22 с. – EDN ZPPQWL.

3. Леонидова Г. В. Дошкольное образование в России: обеспеченность и доступность // Проблемы развития территории. – 2015. – № 5 (79). – С. 7–17. – EDN UIWGXZ.

4. Когутяк И. С., Бакаева Н. В. Обеспеченность объектами образования при комплексном развитии жилой застройки в г. Москве // Строительство: наука и образование. – 2025. – Т. 15. – № 2 (56). – С. 90–111. – DOI: 10.22227/2305-5502.2025.2.6. – Текст: электронный.

References

1. President of the Russian Federation. Decree of 07.05.2024 No. 309 "On the national goals for the development of the Russian Federation for the period until 2030 and for the future until 2036". *Official publication of legal acts* [Electronic resource]. URL: www.publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015 (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).

2. Belaya E.N. Economic Justification for the Placement of Preschool Educational Institutions During the Reconstruction of Urban Areas: author's abstract of the dissertation of the Candidate of Economic Sciences. Rostov-on-Don. 2014. pp. 22. (In Russ.).

3. Leonidova G. V. Preschool Education in Russia: Security and Accessibility. *Problemy razvitiya territorii.* 2015. No. 5 (79). pp. 7–17. (In Russ.).

4. Kogutyak I. S., Bakaeva N. V. Provision of Education Facilities in the Complex Development of Residential Buildings in Moscow. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovaniye*. 2025. Vol. 15. No. 2 (56). pp. 90–111. DOI: 10.22227/2305-5502.2025.2.6. (In Russ.).

5. Чубаркина И. Ю. Методические основы воспроизводства объектов социальной инфраструктуры урбан-блоков с использованием ценностного подхода: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством. – М., 2020. – 24 с.
6. Зубаревич Н. В., Сафронов С. Г. Развитие больших городов России в 2010-х годах // Региональные исследования. – 2019. – № 1 (63). – С. 39-51. – DOI 10.5922/1994-5280-2019-1-4. – Текст: электронный.
7. Манаева И. В. Городское экономическое неравенство в РФ: показатели, оценка // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2016. – Т. 12. – № 10 (343). – С. 46–57. – EDN WVIMPL.
8. Лимонов Л. Э., Батчаев А. Р., Власова Т. В. [и др.]. Система городов и пространственное развитие России. – СПб.: Международный центр социально-экономических исследований «Леонтьевский центр», 2024. – 352 с. – EDN OHILHN.
9. Буфетова А. Н. Социально-экономическое развитие городов России: основные тенденции и факторы // Вест. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. – 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 124–138. – EDN VLCHYJ.
10. Мельников В. В. Комфортная и безопасная среда для жизни: роль агломерационных процессов // Управленческое консультирование. – 2026. – № 1. – С. 177–192. – EDN VUKBZQ.
11. Кахьоно Дж. П. Агломерация и экономический рост: обзор социально-экономических конфликтов и политических последствий. // GESDR. – 2024. – Т. 28. – № 2. – DOI: 10.24123/gesdr.v28i2.7003. – Текст: электронный. (In Eng.).
12. Брайан Г., Глейзер Э., Циванидис Н. Города в развивающемся мире // Annual Review of Economics. – 2020. – Т. 12. – С. 273–297. – DOI: 10.1146/annurev-economics-080218-030303. – Текст: электронный. (In Eng.).
13. Расходчиков А. Н., Шилова В. А. Социальные измерения динамики городов и агломераций // Научный результат. Социология и управление. – 2024. – Т. 10. – № 2. – С. 4-8. – DOI: 10.18413/2408-9338-2024-10-2-0-1.
14. Миддлтон Дж., Саманани Ф. Чей город? Какая социальная группа? // Urban Geography. – 2022. – Т. 43. – № 5. – С. 777–783. – DOI: 10.1080/02723638.2021. 2007665. – Текст: электронный. (In Eng.).
15. Штрювер А., Франц И. Возрождение города через заботу: городская культура заботы в обществе // Urban Planning. – 2025. – Т. 10. – Ст. 11108. – DOI: 10.17645/up.11108. – Текст: электронный. (In Eng.).
16. Николетти Л., Сиренко М., Верма Т. Неблагополучные сообщества имеют ограниченный доступ к городской инфраструктуре // Environment

5. Chubarkina I.Yu. Methodological Foundations for the Reproduction of Social Infrastructure Objects of Urban Blocks Using a Value-Based Approach: author's abstract of the dissertation of the Candidate of Economic Sciences. Moscow. 2020. pp. 24. (In Russ.).
6. Zubarevich N. V., Safronov S. G. Development of Large Russian Cities in the 2010s. *Regional'nyye issledovaniya*. 2019. No. 1 (63). pp. 39–51. DOI: 10.5922/1994-5280-2019-1-4. (In Russ.).

7. Manaeva I. V. Urban Economic Inequality in the Russian Federation: Indicators, Assessment. *Natsional'nyye interesy: prioritety i bezopasnost'*. 2016. Vol. 12. No. 10 (343). pp. 46–57. (In Russ.).

8. Limonov L. E., Batchaev A. R., Vlasova T. V. et al. The System of Cities and Spatial Development of Russia. *Saint Petersburg: Leontief Centre*. 2024. 352 p. (In Russ.).

9. Bufetova A. N. Socio-Economic Development of Russian Cities: Main Trends and Factors. *Vestnik Novosib. gos. universiteta. Seria: sotsial'no-ekonomicheskie nayki*. 2015. Vol. 15. No. 4. pp. 124–138. (In Russ.).
10. Melnikov V. V. Comfortable and Safe Environment for Life: the Role of Agglomeration Processes. *Upravlencheskoye konsul'tirovaniye*. 2026. No. 1. pp. 177–192. (In Russ.).
11. Cahyono J. P. Agglomeration and Economic Growth: A Scoping Review of Socioeconomic Conflicts and Policy Implications. *GESDR*. 2024. Vol. 28. No. 2. DOI: 10.24123/gesdr.v28i2.7003.

12. Bryan G., Glaeser E., Tsivanidis N. Cities in the Developing World. *Annual Review of Economics*. 2020. Vol. 12. pp. 273–297. DOI: 10.1146/annurev-economics-080218-030303.

13. Raskhodchikov A. N., Shilova V. A. Social Dimensions of the Dynamics of Cities and Agglomerations. *Nauchnyy rezul'tat. Sotsiologiya i upravleniye*. 2024. Vol. 10. No. 2. pp. 4-8. DOI: 10.18413/2408-9338-2024-10-2-0-1. (In Russ.).
14. Middleton J., Samanani F. Whose city? Which sociality? *Urban Geography*. 2022. Vol. 43. No. 5. pp. 777–783. DOI: 10.1080/02723638.2021. 2007665.
15. Strüver A., Franz Y. Reclaiming the City Through Care: Public Urban Cultures of Care. *Urban Planning*. 2025. Vol. 10. Article 11108. DOI: 10.17645/up.11108.

16. Nicoletti L., Sirenko M., Verma T. Disadvantaged Communities Have Lower Access to Urban Infrastructure. *Environment and Planning B: Urban*

and Planning B: Urban Analytics and City Science. – 2023. – Т. 50. – № 3. – С. 831–849. – DOI: 10.1177/23998083221131044. – Текст: электронный. (In Eng.).
17. Федеральная служба государственной статистики. База данных муниципальных образований Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/ (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.
18. Объекты карты. Систематизированный каталог географических объектов и их атрибутов // OpenStreetMap [Электронный ресурс]. – URL: wiki.openstreetmap.org/wiki/RU:Объекты_карты (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.
19. Академический район Екатеринбурга. Краткая справка // Электронная научная библиотека «Semantic» [Электронный ресурс]. – URL: semantic.uraic.ru/post/postbrowse.aspx?postid=15601 (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.
20. Самый молодой район: Академический подвел итоги года // Официальный портал Екатеринбурга [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: ekburg.ru/news/2/92613-samyy-molo doy-rayon-akademicheskiy-podvel-itogi-goda/ (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.
21. Власти самого молодого района Екатеринбурга поделились лайфхаками по повышению рождаемости // Информационное агентство «Европейско-Азиатские новости» (ЕАН) [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: eanews.ru/ekaterinburg/20241115154308/vlasti-samogo-molodogo-rayona-ekaterinburga-podelilis-layfhakami-po-povysheniyu-rozhdaemosti (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.
22. Отчеты о результатах самообследования и программы развития общеобразовательных организаций Академического района г. Екатеринбурга: электронные копии. – Режим доступа: официальные сайты образовательных организаций (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.
23. Об утверждении Нормативов градостроительного проектирования городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург»: Постановление Администрации города Екатеринбурга от 29.12.2023 № 3549 // Официальный портал Екатеринбурга [Электронный ресурс]. – URL: екатеринбург.рф/официально/документы/постановления/п_2023/42327 (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.

Analytics and City Science. 2023. Vol. 50. No. 3. pp. 831–849. DOI: 10.1177/2399808 3221131044.

17. Federal State Statistics Service. Database of municipalities of the Russian Federation [Electronic resource]. URL: rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/ (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).

18. Map Objects. Systematized catalog of geographical objects and their attributes. *OpenStreetMap* [Electronic resource]. URL: wiki.openstreetmap.org/wiki/RU:Ob"yekty_karty (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).
19. Academichesky district of Yekaterinburg. Brief information. *Electronic scientific library "Semantic"* [Electronic resource]. URL: semantic.uraic.ru/post/postbrowse.aspx?postid=15601 (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).
20. The Youngest District: Academichesky Summed up the Results of the Year. 2024. *Official portal of Yekaterinburg* [Electronic resource]. URL: ekburg.ru/news/2/92613-samyy-molodoy-rayon-akademicheskiy-podvel-itogi-goda/ (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).
21. Authorities of the Youngest District of Yekaterinburg Shared Life Hacks on Increasing the Birth Rate. 2024. *European-Asian News Agency (EAN)* [Electronic resource]. URL: eanews.ru/ekaterinburg/20241115154308/vlasti-samogo-molodogo-rayona-ekaterinburga-podelilis-layfhakami-po-povysheniyu-rozhdaemosti (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).

22. Reports on the Results of Self-Examination and Development Programs of General Educational Organizations of the Academichesky District of Yekaterinburg: Electronic Copies. Available at: official websites of educational organizations. (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).

23. On Approval of the Standards of Town-Planning Design of the City District – the Municipal Formation "City of Yekaterinburg": Resolution of the Administration of the City of Yekaterinburg Dated 29.12.2023 No. 3549. *Official portal of Yekaterinburg* [Electronic resource]. URL: екатеринбург.рф/официально/документы/постановления/п_2023/42327 (Accessed: 20.04.2026). (In Russ.).

Малых Александр Игоревич / Malykh Alexander I.
аспирант / post graduate student
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет» / Ural State University of Economics
Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62/45
E-mail: Malix.alex40@gmail.com

Ноженко Дмитрий Юрьевич / Nozhenko Dmitry Yu.
кандидат экономических наук, доцент / PhD, Associate Professor
заведующий кафедрой государственного и муниципального управления / Head of the Department of State and Municipal Management
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет» / Ural State University of Economics
Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62/45
E-mail: nogenkod74@mail.ru

Шишкина Елена Александровна / Shishkina Elena A.
доктор экономических наук, доцент / D.Sc, Associate Professor
профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления / Professor of the Department of Regional, Municipal Economics and Management
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет» / Ural State University of Economics
Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62/45
E-mail: le_gre@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.04.2025; одобрена после рецензирования 16.05.2026; принята к публикации 24.06.2026.
The article was submitted 28.04.2025; approved after reviewing 16.05.2026; accepted for publication 24.06.2026.

Научная статья
УДК 332.12
DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-18-30

РАЙОНИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Екатерина Андреевна Орлова[1], Светлана Владимировна Полянская[2]✉

[1,2]Северо-Западный институт управления, Санкт-Петербург, Россия
[1]eorlova-22@ranepa.ru
[2]polyanskaya-sv@ranepa.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-2707-9746
Язык статьи – русский

Аннотация: Целью исследования является проведение сравнительного анализа эффективности методов понижения размерности с помощью различных алгоритмов машинного обучения, (PCA, t-SNE, UMAP) для выявления кластеров регионов России на основе многомерных социально-экономических показателей и обоснование практических рекомендаций для управленческого анализа. Исследование основано на гипотезе о том, что для выявления сходства необходимо выбрать не только метод, который способен выстроить нелинейные связи между показателями, но и метод нормализации данных. Для анализа были рассмотрены данные по 38 показателям из 6 ключевых сфер развития по 85 субъектам РФ за 2017–2023 гг. Применялись различные методы предобработки и понижения размерности. Для приведения распределения данных к нормальному использовался метод Бокса-Кокса. Качество методов оценивалось по нескольким метрикам качества. Установлено, что выбор метрики сходства кардинально меняет интерпретацию результатов. В частности, при использовании косинусной метрики (сравнение структурных профилей) метод UMAP с Z-стандартизацией данных показал максимальное качество кластеризации. Для задач мониторинга и сравнения абсолютных уровней развития рекомендован метод t-SNE с евклидовой метрикой и робастной нормировкой. Для стратегического анализа и выявления типовых моделей развития с целью разработки кластерно-ориентированной политики оптимальным является метод UMAP с косинусной метрикой и Z-стандартизацией данных. Таким образом, вместо поиска универсального алгоритма предлагается переход к дифференцированному управлению на основе эффективного кластерного анализа и выявленных структурных типов регионов.

Ключевые слова: кластеризация регионов**,** косинусное расстояние, машинное обучение, метрический анализ, понижение размерности, предобработка данных, региональное управление, социально-экономическое развитие, t-SNE, UMAP

Ссылка для цитирования: Орлова Е. А., Полянская С. В. Районирование на основе статистических показателей социально-экономического развития российских регионов: сравнительный анализ методов кластеризации // Экономика. Право. Инновации. – 2026. – Т. 14.– № 2.– С. 18–30. – DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-18-30.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT APPROACHES TO CLUSTERING MULTIDIMENSIONAL DATA USING THE EXAMPLE OF RUSSIAN REGIONS

Ekaterina A. Orlova[1], Svetlana V. Polyanskaya[2]✉

[1,2]North-Western Institute of Management, Saint Petersburg, Russia
[1]eorlova-22@ranepa.ru
[2]polyanskaya-sv@ranepa.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-2707-9746
Article in Russian

Abstract: The purpose of the study is to conduct a comparative analysis of the effectiveness of dimensionality reduction methods using various machine learning algorithms (PCA, t-SNE, UMAP) to identify clusters of Russian regions based on multidimensional socioeconomic indicators and to provide practical recommendations for management analysis. The study is based on the hypothesis that to identify similarities, it is necessary not only to use methods that can select nonlinear relationships between indicators, but also to select a data normalization method. The analysis included data on 38 indicators from 6 key areas of development for 85 Russian regions from 2017 to 2023. Various preprocessing and dimensionality reduction methods were used. The Box-Cox method was used to normalize data distribution. The quality of the methods was evaluated using several quality metrics. It was found that the choice of similarity metric

significantly affects the interpretation of the results. In particular, when using the cosine metric (comparing structural profiles), the UMAP with Z-standardization showed the highest clustering quality. For monitoring tasks and comparing absolute levels of development, the t-SNE method with Euclidean metric and robust normalization is recommended. For strategic analysis and identifying typical development models in order to develop a cluster-oriented policy, the UMAP method with cosine metric and Z-standardization is optimal. Thus, instead of searching for a universal algorithm, it is proposed to switch to differentiated management based on effective cluster analysis and identified structural types of regions.

Keywords: regional clustering, cosine distance, machine learning, metric analysis, dimensionality reduction, data preprocessing, regional management, socio-economic development, t-SNE, UMAP

For citation: Orlova E. A., Polyanskaya S. V. Comparative Analysis of Different Approaches to Clustering Multi-dimensional Data Using the Example of Russian Regions. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2026. Vol. 14. No. 2. pp. 18–30. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-18-30.

Введение. Активное внедрение цифровых технологий и накопление больших данных в государственном управлении создает новые возможности для принятия обоснованных решений на региональном уровне [1]. Ключевой задачей при этом становится анализ многомерных социально-экономических показателей, которые характеризуют комплексное развитие субъектов Российской Федерации [2]. Классические подходы к анализу, основанные на рассмотрении отдельных индикаторов или составлении интегральных рейтингов, зачастую не позволяют выявить скрытые структурные взаимосвязи и устойчивые типы региональных профилей. Это ограничивает возможности для разработки дифференцированной и адресной политики, учитывающей специфику групп регионов со схожими характеристиками.

Проблема усугубляется вычислительными сложностями, возникающими при работе с десятками взаимосвязанных показателей. Это приводит к необходимости применения методов понижения размерности и визуализации, которые способны преобразовать исходные высокоразмерные данные в форму, пригодную для содержательной интерпретации. В последние годы наряду с классическим линейным методом главных компонент (PCA) для уменьшения размерности данных стали использоваться алгоритмы машинного обучения, использующие нелинейные методы, такие как t-SNE и UMAP, каждый из которых основан на различных принципах и имеет свои преимущества. T-SNE (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding) – метод стохастического вложения соседей с t-распределением. Этот метод машинного обучения предполагает вычисление для каждой пары точек в многомерном пространстве вероятности их сходства, а затем строит распределение вероятностей так, чтобы объекты, которые близки в исходном пространстве, имели высокие вероятности быть близкими и в низкоразмерном пространстве. UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) также является методом машинного обучения для сжатия исходной информации, он использует четкий математический аппарат и имеет более высокую скорость выполнения по сравнению с t-SNE. Однако в экономических исследованиях эти методы пока не получили широкого применения.

Постановка задачи исследования. Целью данного исследования является сравнительный анализ эффективности методов понижения размерности (PCA, t-SNE, UMAP) для выявления содержательных кластеров российских регионов на основе многомерных социально-экономических показателей и получение практических рекомендаций для управленческого анализа.

Гипотеза исследования состоит в том, что эффективность методов кардинально зависит не только от выбора алгоритма, но и от осознанного подбора метрики сходства и методов предобработки данных, что в итоге определяет тип выявляемых закономерностей.

Новизна исследования заключается в адаптации передовых методов машинного обучения для обработки данных для решения конкретной управленческой задачи – выявления типовых профилей социально-экономического развития регионов. Практическая значимость исследования определяется тем, что его выводы позволяют перейти от мониторинга разрозненных показателей к

выделению устойчивых типов регионов, что является основой для разработки кластерно-ориентированной стратегии социально-экономического развития.

Для достижения поставленной цели был проведен анализ данных по 38 показателям, официально публикуемых Росстатом, сгруппированных в шесть ключевых сфер за период с 2017 по 2023 год: демография и трудовые ресурсы, здравоохранение, экономика и инновации, уровень жизни и доходы, образование и культура, услуги и транспорт. Такой комплексный набор показателей, охватывающий различные аспекты развития, позволяет проводить многомерную оценку, согласующуюся с подходами, описанными в работах по региональной кластеризации [3].

Литературный обзор. В научной литературе, в том числе в работах, посвященных кластеризации российских регионов [4–6], остается дискуссионным вопрос о выборе оптимального метода, метрики расстояния и предобработки данных для решения конкретных задач в сфере управления. В качестве методов для сжатия данных рассматриваются метод главных компонент (PCA) [7–9], метод t-SNE [10–12] и метод UMAP [13–15]. Данные методы широко используются в разных областях, но это применение имеет четкие ограничения, которые часто не отражаются в научных исследованиях.

Второй важный вопрос касается выбора показателей, характеризующих социально-экономическое состояние региона. В современных исследованиях рассматриваются разные методологии. Например, в работе [16] для сопоставления социально-экономического положения районов Крайнего Севера с другими территориями РФ используются показатели демографии, занятости, доходов и инфраструктуры. В работе [17] отмечается, что показатели демографии и трудовых ресурсов являются базовыми для оценки человеческого потенциала. В работе [18] рассматривается блок здравоохранения, который включает как ресурсные показатели (численность врачей, мощность медучреждений), так и результативные (ожидаемая продолжительность жизни, заболеваемость). В работе [19] выделяется группа экономических и инновационных показателей (ВРП, инвестиции, инновационная активность), которые позволяют оценить экономический потенциал и способность регионов к технологическому развитию. Показатели уровня жизни и доходов, отражающие социальное благополучие населения, выделены в [1]. Блок образования и культуры, который позволяет оценить уровень человеческого капитала и доступность культурных благ, рассмотрен в [5]. Группа услуг и транспорта как характеристика развития инфраструктуры и доступности услуг для населения, являющаяся важным аспектом регионального развития, рассмотрена в [20].

Методы и материалы исследования. Эмпирическую базу исследования составили официальные статистические данные по социально-экономическому развитию субъектов РФ за период 2017–2023 годы. Источником данных послужила официальная статистическая информация, публикуемая Федеральной службой государственной статистики. Единицей анализа выступили 85 субъектов РФ. В исследовании использовалось 38 показателей по всем субъектам РФ за период с 2017 по 2023 годы, сгруппированных по шести тематическим блокам: демография и трудовые ресурсы, здравоохранение, экономика и инновации, уровень жизни и доходы, образование и культура, услуги и транспорт. Такой подход позволяет комплексно оценить развитие регионов, учитывая как экономические, так и социальные аспекты (см. таблицу 1).

Для упрощения интерпретации и сглаживания годовых колебаний данные за семь лет были заменены средними значениями по каждому региону. Далее для обеспечения качества анализа и соответствия предположениям статистических методов был выполнен комплекс процедур предобработки [21, 22]. Обработка пропущенных значений осуществлялась путем заполнения медианным значением по соответствующему показателю для всех регионов. Для снижения скошенности распределений и сближения их с нормальным к исходным данным было применено преобразование Бокса-Кокса [23].

Таблица 1

Группы социально-экономических показателей

Источник: составлена авторами

Группа показателей	Показатели
Демография и трудовые ресурсы (7 показателей)	x_1 – численность населения; x_2 – коэффициент естественного прироста населения (на 1000 чел.); x_3 – коэффициент миграционного прироста (на 10000 чел.); x_4 – ожидаемая продолжительность жизни при рождении (в годах); x_5 – уровень занятости населения (в %); x_6 – уровень безработицы населения в возрасте 15 лет и старше (в %); x_7 – численность занятых, приходящихся на одного пенсионера (чел.)
Экономика и инновации (7 показателей)	x_8 – валовой региональный продукт; x_9 – инвестиции в основной капитал на душу населения; x_{10} – оборот розничной торговли в расчёте на душу населения; x_{11} – уровень инновационной активности организаций (в %); удельный вес организаций, x_{12} – осуществлявших технологические инновации (в %); x_{13} – доля продукции высокотехнологичных и наукоёмких отраслей в валовом региональном продукте (в %); x_{14} – доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВРП (в %)
Здравоохранение (5 показателей)	x_{15} – мощность амбулаторно-поликлинических организаций (на 10 тыс. чел. в смену); x_{16} – численность врачей на 100 тыс. чел.; x_{17} – численность среднего медицинского персонала на 100тыс. чел.; x_{18} – численность населения на одну больничную койку (чел.). x_{19} – заболеваемость (на 1000 чел.)
Уровень жизни и доходов (7 показателей)	x_{20} – фактическое конечное потребление домашних хозяйств на душу населения; x_{21} – соотношение среднедушевых денежных доходов населения с величиной прожиточного минимума; x_{22} – потребительские расходы в среднем на душу населения; x_{23} – общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя (кв. м); x_{24} – удельный вес расходов на оплату ЖКХ (в % от потребительских расходов); x_{25} – уровень бедности; x_{26} – число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. чел.
Культура и образование (6 показателей)	x_{27} – численность учителей на 1000 человек населения; x_{28} – численность студентов СПО на 10 тыс. чел.; x_{29} – численность студентов высшего образования на 10 тыс. чел.; численность x_{30} – зрителей театров на 1 тыс. чел.; x_{31} – число посещений музеев на 1 тыс. чел.; x_{32} – библиотечный фонд на 1 тыс. чел.
Услуги и транспорт (6 показателей)	x_{33} – объём платных услуг на душу населения; x_{34} – объём бытовых услуг на душу населения; x_{35} – объём транспортных услуг на душу населения; x_{36} – объём телекоммуникационных услуг на душу населения; x_{37} – объём коммунальных услуг на душу населения; x_{38} – число автобусов общего пользования на 100 тыс. чел.

Для устранения влияния различий в масштабах и единицах измерения тестировались четыре метода нормировки: Z-score (Z-стандартизация) $x_i' = \frac{x_i - \mu_x}{\sigma_x}$ Min-Max нормализация (приведение к диапазону [0, 1]) $x_i' = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$ робастная стандартизация (центрирование по медиане и масштабирование по медианному абсолютному отклонению) $x_i' = \frac{x_i - x_{Me}}{Me|x_i - x_{Me}|}$ и нормировка на основе медианной скошенности (MedCouple), являющаяся усовершенствованным робастным методом, учитывающим асимметрию распределения и вместо медианы исходных данных использующая MC (MedCouple) – медиану функции точек x_i и x_j, находящихся по разные стороны от медианы [24, 25]

$$h(x_i, x_j) = \frac{(x_j - x_{Me}) - (x_{Me} - x_i)}{x_j - x_i} \quad .$$

В работе использовались технологии ИИ для обработки информации – методы уменьшения размерности данных (UMAP и TSNE) и иерархическая кластеризации для разделения регионов на группы. Для перехода от многомерного пространства к низкоразмерному сравнивались три алгоритма. Метод главных компонент (PCA) применялся для анализа линейной структуры данных и оценивался по количеству главных компонент, объясняющих не менее 85% дисперсии. Метод t-SNE использовался с автоматически устанавливаемым параметром perplexity в зависимости от размера выборки. Метод UMAP применялся с адаптивно устанавливаемым параметром n_neighbors. Для оценки влияния смысловой интерпретации расстояния между регионами был реализован двухфакторный подход, включающий вариант с евклидовым расстоянием и вариант с косинусным расстоянием.

После уменьшения размерности применялась иерархическая кластеризация с методом связи Уорда, число кластеров определялось, исходя из размера выборки. Комплексная оценка эффективности проводилась с использованием пяти метрик качества:

– коэффициент надежности (Trustworthiness), оценивающий сохранение локальной структуры;

– силуэтный коэффициент (Silhouette Score), отвечающий за четкость и разделенность кластеров;

– коэффициент корреляции Спирмена, показывающий степень сохранения глобальной структуры;

– индекс Калински-Харабаза, показывающий степень разброса данных внутри кластеров и между кластерами;

– индекс Дэвиса-Болдина, отвечающий за компактность кластеров.

Все этапы анализа были реализованы на языке R в среде RStudio.

Результаты. Применение PCA к шести тематическим группам показателей позволило количественно оценить внутреннюю организацию социально-экономической статистики регионов. Группы «Демография и трудовые ресурсы», «Уровень жизни и доходы» и «Экономика и инновации» продемонстрировали высокую степень линейной связности: первые две главные компоненты объясняли свыше 94% дисперсии в данных. Это свидетельствует о жесткой взаимосвязи ключевых показателей внутри этих сфер. Напротив, группа «Образование и культура» оказалась наиболее многомерной и структурно сложной. Для объяснения 87% дисперсии потребовалось четыре главные компоненты, что указывает на относительную независимость динамики показателей образования и культурной активности. По первым двум компонентам для этой группы было получено всего 48,65% объясненной дисперсии, что является крайне неудовлетворительным результатом. Группа «Услуги и транспорт» эффективно сжималась в одну главную компоненту, объясняющую более 81% дисперсии, что говорит о существовании сильного общего фактора, синхронизирующего развитие различных видов услуг в регионах. Для достижения не менее 85% объясненной дисперсии PCA позволил сократить исходное пространство из 38 показателей до тринадцати обобщенных компонент (см. таблицу 2).

Таблица 2

Результаты применения метода главных компонент ко всем группам социально-экономических показателей

Источник: составлена авторами

Компонента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сумма квадр. нагрузок	9,09	4,26	2,89	2,62	3	2,45	1,86	1,69	1,61	1,43	1,34	1,28	1,25
% от дисперсии	23,3	10,93	7,4	6,72	7	6,28	4,78	4,33	4,13	3,65	3,44	3,27	3,21
Накопленный %	23,3	34,2	41,6	48,4	55	61,3	66	70,4	74,5	78,1	81,6	84,9	88,1

Результаты говорят о серьезных проблемах использования данного метода в задачах кластеризации регионов с большим количеством разных показателей. PCA хорошо подходит для небольшого количества экономических показателей, которые легко нормализуются, не содержат экстремальные значения и имеют линейные взаимосвязи. Однако, большое количество необходимых для полного анализа социально-экономических показателей плохо поддается нормализации; кроме того, между показателями, в основном, возникают нелинейные зависимости, с которыми PCA не справляется. а из-за сильной региональной дифференциации возникает высокий коэффициент вариации, который также ведет к искажению результатов. Все эти причины делают применение PCA для задач кластеризации регионов с использованием большого количества показателей малоэффективным.

В качестве альтернативы методу PCA были рассмотрены два метода, которые предпочтительны для данных с нелинейными зависимостями: t-SNE и UMAP. Данные методы сравнивались по нескольким характеристикам качества для двух разных метрик – евклидовой и косинусной. При использовании евклидовой метрики метод t-SNE показал высокую эффективность в сохранении локальной структуры (Trustworthiness в диапазоне 0,843–0,886). Однако низкие значения коэффициента корреляции Спирмена говорят о сильных искажениях расстояний между дальними соседями (изменение глобальной структуры). Поэтому в случае выбора евклидовой метрики метод UMAP можно признать оптимальным для кластеризации при Z-стандартизации данных – почти все метрики говорят и о сохранении локальной, и глобальной структуры данных (см. таблицу 3). Коэффициент корреляции 0,819 говорит о том, что 81,9% вариации глобальных расстояний сохранено. Низкие значения силуэтного коэффициента для UMAP (0,375–0,454) говорят о недостаточной однородности внутри кластеров. Также это может свидетельствовать о наличии размытых границ, когда некоторые регионы попадают на границу кластеров. Метод t-SNE показал лучшее сохранение глобальной структуры при использовании робастной стандартизации (коэффициент корреляции существенно выше, чем у UMAP)

Таблица 3

Сравнение метрик качества для UMAP и t-SNE при использовании евклидова расстояния.

Источник: составлена авторами

Метрика	Trustworthiness		Silhouette Score		Коэффициент корреляции Спирмена		Индекс Калински-Харабаза		Индекс Дэвиса-Болдина	
Метод	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE
Z score	0,862	0,898	0,374	0,401	0,819	<0,5	166	112,4	0,937	1,001
Минимакс-ная	0,8	0,872	0,443	0,464	<0,5	<0,5	180,1	96,3	1,033	0,937

Метрика	Trustworthiness		Silhouette Score		Коэффициент корреляции Спирмена		Индекс Калински-Харабаза		Индекс Дэвиса-Болдина	
Робастная	0,893	0,886	0,424	0,447	<0,5	0,523	111,7	90,4	1,3	0,995
MedCouple	0,844	0,829	0,454	0,388	<0,5	<0,5	118,3	140,8	1,05	0,87

При использовании косинусного расстояния лучший результат также был достигнут при использовании UMAP. В частности, при Z-score стандартизации UMAP показал высокую положительную корреляцию, что свидетельствует о практически полном сохранении глобальной структуры.

При переходе от евклидовой к косинусной метрике значения силуэтного коэффициента резко возросли, достигнув максимума 0,8143 при использовании UMAP с Z-score нормировкой (см. таблицу 4). Значения коэффициента силуэта Sihoutte Score выше 0,7 свидетельствует о высоком качестве кластеризации и говорят о наличии в данных четких, хорошо разделенных групп регионов, объединенных именно сходством структур их социально-экономических показателей.

Таблица 4

Сравнение метрик качества для UMAP и t-SNE при использовании косинусного расстояния

Источник: составлена авторами

Метрика	Trustworthiness		Silhouette Score		Коэффициент корреляции Спирмена		Индекс Калински-Харабаза		Индекс Дэвиса-Болдина	
Метод	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE	UMAP	T-SNE
Z score	0,779	0,768	0,814	0,708	0,901	0,7537	116,5	60,3	0,938	1,455
Минимакс-ная	0,839	0,801	0,668	0,776	0,8883	0,515	73,2	63,4	1,238	1,606
Робастная	0,874	0,825	0,751	0,825	<0,5	<0,5	99,4	71,5	1,029	1,076
MedCouple	0,871	0,814	0,828	0,783	<0,5	0,5932	182,3	48,1	0,856	1,356

Анализ состава кластеров, включающих, в частности, Санкт-Петербург, выявил существенные различия в результатах в зависимости от выбранной метрики сходства и метода нормировки. При использовании евклидовой метрики, направленной на сравнение абсолютных уровней развития, Санкт-Петербург чаще всего оказывался в одном кластере с Москвой и группой регионов с высокими экономическими показателями (см. таблицу 5).

Таблица 5

Сравнение кластеров регионов, содержащих Санкт-Петербург, полученных при разных способах стандартизации исходных данных

Источник: составлена авторами

UMAP (Z-score)	UMAP (минимаксная)	t-SNE (Z-score)	t-SNE (минимаксная)
г. Москва	Белгородская обл.	Белгородская обл.	г.Москва
г. Санкт-Петербург	Владимирская обл.	Воронежская обл.	г. Санкт-Петербург
Краснодарский край	Воронежская обл.	г. Москва	Калининградская обл.
Красноярский край	г. Москва	г. Санкт-Петербург	Краснодарский край
Ненецкий авт. округ	г. Санкт-Петербург	Липецкая обл.	Ленинградская обл.

UMAP (Z-score)	UMAP (минимаксная)	t-SNE (Z-score)	t-SNE (минимаксная)
Нижегородская обл.	Калужская обл.	Нижегородская обл.	Московская обл.
Новосибирская обл.	Липецкая обл.	Р. Адыгея	Р. Татарстан
Омская обл.	Нижегородская обл.	Р. Татарстан	Ханты-Мансийский авт. округ-Югра
Пермский край	Новгородская обл.	Ростовская обл.	Ямало-Ненецкий авт. округ
Приморский край	Пензенская обл.	Свердловская обл.	
Р. Башкортостан	Р. Татарстан	Тюменская обл. (без авт.округов)	
Р. Саха (Якутия)	Тульская обл.		
Р.Татарстан	Ульяновская обл.		
Ростовская обл.	Ярославская обл.		
Самарская обл.			
Свердловская обл.			
Томская обл.			
Тюменская обл. (без авт. округов)			
Хабаровский край			
Ханты-Мансийский авт. округ-Югра			
Челябинская обл.			
Ямало-Ненецкий авт. округ			

При t-SNE с нормировкой Z-score в кластер вошли только одиннадцать регионов, включая ключевые экономические центры и ресурсодобывающие субъекты. Похожая картина была получена и при нормировке MedCouple (рисунок 1). Использование косинусной метрики, измеряющей структурное сходство профилей регионов, принципиально изменило круг аналогий. Метод T-SNE показал сохранение глобальной структуры при использовании нормировки MedCouple, в отличие от UMAP. Однако наиболее показательным является результат, полученный при использовании UMAP с косинусным расстоянием и Z-score нормировкой (рисунок 2).

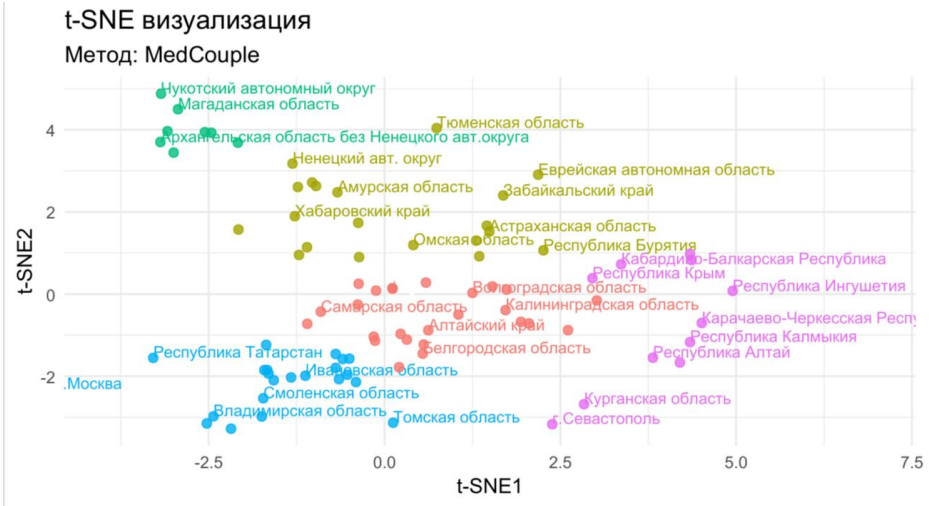

Рисунок 1 – Кластеризация после применения t-SNE с евклидовой метрикой и робастной нормировкой

Источник: составлено авторами по данным [26]

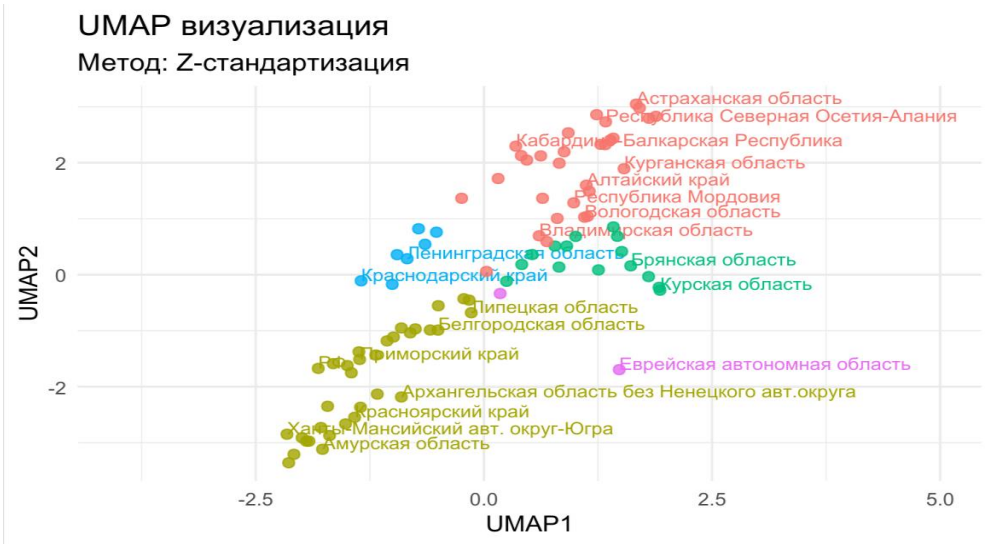

Рисунок 2 – Кластеризация после применения UMAP
с косинусной метрикой и Z-score нормировкой
Источник: составлено авторами по данным [26]

Санкт-Петербург был отнесен к обширному кластеру из 28 регионов. Помимо Москвы и традиционно развитых субъектов (Московская, Ленинградская, Свердловская области, Краснодарский край), в него вошли практически все приграничные и окраинные регионы страны: от Калининградской области и Республики Карелия на западе до Камчатского, Приморского, Хабаровского краев и Чукотки на востоке, а также северные территории (Ямало-Ненецкий, Ненецкий округа, Мурманская область, Республика Саха). Это указывает на то, что при анализе структурного сходства (пропорций и взаимосвязей показателей, а не их абсолютных величин) Санкт-Петербург имеет показатели, характерные для регионов с высокой значимостью внешнеэкономической и транзитной функции, особым геополитическим положением. То есть, будучи лидером по абсолютным показателям, Санкт-Петербург может разделять со специфической группой «окраинных» регионов общие структурные особенности развития, что требует учета при формировании направленной региональной политики, например, в сфере транспортной логистики. Таким образом, приоритетным для выявления таких содержательных структурных аналогий является использование именно косинусной метрики в связке с UMAP.

Выводы и рекомендации. Проведенное исследование подтвердило гипотезу о том, что эффективность методов анализа данных определяется не столько выбором конкретного алгоритма (t-SNE или UMAP), сколько подбором связки «метрика сходства – метод предобработки». Этот вывод является ключевым для преодоления подхода, когда выбор инструментария осуществляется по принципу универсальности без учета смысловой интерпретации расстояния между объектами анализа. Метод главных компонент, как метод, основанный на создании линейных комбинаций исходных данных, показал низкую эффективность при большом количестве разнородных показателей.

Значимым результатом исследования стало доказательство кардинального изменения результатов при переходе от евклидовой к косинусной метрике. При использовании евклидова расстояния выявляются группы, сформированные по принципу близости абсолютных уровней социально-экономического развития. В этом случае Санкт-Петербург закономерно оказывается в одном узком кластере с Москвой и ведущими регионами, такими как Московская область, Татарстан и нефтегазовые автономные округа. Однако такой подход, будучи полезным для ранжирования и оценки неравенства, маскирует более глубокие структурные сходства и различия.

Переход на косинусную метрику позволил выявить принципиально иную картину.

Обнаружение Санкт-Петербурга в одном крупном кластере с такими разнородными регионами, как приграничные и окраинные субъекты (Калининградская область, Камчатский край, Дальневосточные регионы), северные территории (Ямало-Ненецкий округ, Республика Саха) и другие, указывает на наличие общих структурных особенностей развития. Эти особенности могут проявляться в схожей значимости внешнеэкономической функции, особом геополитическом положении, в специфических демографических и инфраструктурных вызовах, связанных с удаленностью или особым статусом. Для целей управления это означает, что эффективные политические решения, апробированные для одного региона, после соответствующей адаптации масштаба и ресурсов, могут быть использованы для регионов со схожей структурой социально-экономического профиля, даже при сильном различии в абсолютных показателях.

Еще одним результатом стало опровержение превосходства UMAP над t-SNE в сохранении глобальной структуры. Анализ показал, что это справедливо лишь при определенных условиях. При использовании евклидовой метрики t-SNE продемонстрировал более предсказуемый результат в случае использования робастной нормировки, в то время как UMAP проявлял склонность к сильному искажению глобальных расстояний) для усиления визуального кластерного разделения. Неожиданно высокой оказалась эффективность робастных методов нормировки (RobustScaler, MedCouple), которые стабильно приводили к лучшим результатам по сравнению со стандартной Z-стандартизацией, особенно при работе с евклидовой метрикой. Это объясняется природой социально-экономических данных, часто содержащих выбросы и имеющих асимметричные распределения, к чему робастные методы менее чувствительны.

На основе сравнения методов понижения размерности (PCA, t-SNE, UMAP) с применением различных метрик сходства и методов предобработки был выработан практический инструмент для выявления содержательных кластеров регионов. Ключевым результатом работы является подтверждение гипотезы о том, что выбор метрики сходства является определяющим для интерпретации результатов кластеризации. Таким образом, исследование обосновывает следующий подход к анализу для целей управления:

1. Для оперативного мониторинга и оценки абсолютных уровней развития регионов рекомендуется использовать связку t-SNE (евклидово расстояние, Robust нормировка).

2. Для стратегического анализа, направленного на выявление типовых моделей развития и разработку адресной политики, оптимальным инструментом является применение метода UMAP с косинусным расстоянием и Z-score нормировкой.

Практическое применение полученных результатов позволяет перейти от мониторинга разрозненных индикаторов к выделению устойчивых типов регионов. Это создает основу для разработки кластерно-ориентированной политики, когда управленческие решения, доказавшие эффективность в одном регионе, могут быть осмысленно адаптированы для других субъектов, входящих в тот же структурный кластер, даже при значительном различии в абсолютных показателях. Для регионов это означает возможность обмена опытом и выработки совместных решений не только с традиционными регионами-лидерами, но и с географически и экономически удаленными субъектами, сталкивающимися со схожими структурными вызовами.

Декларация о применении ИИ. При подготовке текста статьи использовались технологии искусственного интеллекта (ИИ) в качестве инструментария для уменьшения размерности исходных данных и дальнейшей кластеризации. Все результаты исследования, выводы, данные, таблицы, графики и ссылки проверены и подтверждены авторами. Применение ИИ не повлияло на достоверность и научную ценность полученных результатов. Авторы полностью несут ответственность за содержание статьи и соблюдение принципов научной этики.

Список источников

1. Москвитина М. А. Теоретические подходы к классификации факторов развития региона и способам их анализа // Наука Красноярья. – 2020. – Т. 9. – № 4. – С. 296–312. – DOI: 10.12731/2070-7568-2020-4-296-312. – Текст: электронный.
2. Яковлев В. Б. Снижение размерности данных в региональной статистике российского образования // Вестник МГПУ. – 2016. – № 4 (38). – С. 61–69.
3. Логачева Н. М., Петрова А. К. Применение методов кластеризации в экономическом анализе регионов // Инновации. – 2021.– № 5(271). – С. 43–51.– DOI: 10.26310/2071-3010.2021.271.5.005. – Текст: электронный.
4. Блануца В. И. Пространственная алгоритмическая предвзятость в социально-экономической кластеризации российских регионов // Пространственная экономика. – 2024. – Т. 20. – № 2. – С. 71–92. – DOI: 10.14530/se.2024.2.071-092. – Текст: электронный.
5. Долгодворова Е. В. Кластерный анализ: базовые концепции и алгоритмы // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 7 (19). – С. 73–76.
6. Кетова К. В., Касаткина Е. В., Вавилова Д. Д. Кластеризация регионов Российской Федерации по уровню социально-экономического развития с использованием методов машинного обучения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2021. – Т. 14. – № 6. – С. 70–85. – DOI: 10.15838/esc.2021.6.78-4. – Текст: электронный.
7. Чавелипарамбил Д. Я. Сравнительное исследование методов PCA и Dynamic PCA на основе анализа случайных наборов данных // Неделя науки-2024: Сборник тезисов XIV научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых имени А. С. Дудырева. – Санкт-Петербург: 2024. – 355 с.
8. Кенни Т., Гу Х., Хуан Т. Метод главных компонент Пуассона с применением к данным микробиома // Biometrics. – 2021. – Т. 77. – № 4. – С. 1369–1384. – DOI: 10.1111/biom.13384. – Текст: электронный. (In Eng.).
9. Марукатат С. Учебное пособие по PCA, приближенному PCA и приближенному ядерному PCA // Artificial Intelligence Review. – 2023. – Т. 56. – № 6. – С. 5445–5477. – DOI: 10.1007/s10462-022-10297-z. – Текст: электронный. (In Eng.).
10. Бо Канг, Д. Гарсия, Дж. Лиффийт и др. Условный t-SNE: более информативные t-SNE-встраивания. // Machine Learning. – 2021. – Т. 110. – № 10. – С. 2905–2940. – DOI: 10.1007/s10994-020-05917-0. – Текст: электронный. (In Eng.).
11. Озгоде Йигин Б., Сайгили Г. Оценка достоверности встраиваний t-SNE с использо- ванием случайного леса // International Journal of Machine

References

1. Moskvitina M. A. Theoretical Approaches to Classification of Regional Development Factors and Methods of their Analysis. *Nauka Krasnoyarya*. 2020. Vol. 9. No. 4. pp. 296–312. DOI: 10.12731/2070-7568-2020-4-296-312. (In Russ.).
2. Yakovlev V. B. Reducing the Dimension of Data in Regional Statistics of Russian Education. *Vestnik MGPU*. 2016. No. 4 (38). pp. 61–69. (In Russ.).
3. Logacheva N. M., Petrova A. K. Application of Clustering Methods in the Economic Analysis of Regions. *Innovatsii*. 2021. No. 5 (271). pp. 43–51. DOI: 10.26310/2071-3010.2021.271.5.005. (In Russ.).
4. Blanutsa V. I. Spatial Algorithmic Bias in Socio-Economic Clustering of Russian Regions. *Prostranstvennaya ekonomika*. 2024. Vol. 20. No. 2. pp. 71–92. DOI: 10.14530/se.2024.2.071-092. (In Russ.).
5. Dolgodvorova E. V. Cluster Analysis: Basic Concepts and Algorithms. *Voprosy nauki i obrazovaniya*. 2018. No. 7 (19). pp. 73–76. (In Russ.).
6. Ketova K. V., Kasatkina E. V., Vavilova D. D. Clusterization of Regions of the Russian Federation by the Level of Socio-Economic Development Using Machine Learning Methods. *Ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz*. 2021. Vol. 14. No. 6. pp. 70–85. DOI: 10.15838/esc.2021.6.78-4. (In Russ.).
7. Comparativestudy of PCA and Dynamic PCA methods based on the analysis of random data sets / D. Y. Chaveliparambil. *Science Week-2024: Collection of abstracts of the XIV Dudyrev Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists*. Saint Petersburg: 2024, 355 p. (In Russ.).
8. Kenney T., Gu H., Huang T. Poisson PCA: Poisson Measurement Error Corrected PCA, with Application to Microbiome Data. *Biometrics*. 2021. Vol. 77. No. 4. pp. 1369–1384. DOI: 10.1111/biom.13384.
9. Marukatat S. Tutorial on PCA and Approximate PCA and Approximate Kernel PCA. *Artificial Intelligence Review*. 2023. Vol. 56. No. 6. pp. 5445–5477. DOI: 10.1007/s10462-022-10297-z.
10. Bo. Kang, D. García García, J. Lijffijt et al. Conditional t-SNE: More Informative t-SNE Embeddings. *Machine Learning*. 2021. Vol. 110. No. 10. pp. 2905–2940. DOI: 10.1007/s10994-020-05917-0.
11. Ozgode Yigin B., Saygili G. Confidence Estimation for t-SNE Embeddings Using Random Forest. *International Journal of Machine Learning and*

Learning and Cybernetics. – 2022. – Т. 13. – № 12. – С. 3981–3992. – DOI: 10.1007/s13042-022-01635-2. – Текст: электронный. (In Eng.).
12. Штайнербергер С., Чжан Ю. T-SNE, силовые раскраски и пределы среднего поля // Research in Mathematical Sciences. – 2022. – Т. 9. – № 3. – С. 1–30. – DOI: 10.1007/s40687-022-00340-4. – Текст: электронный. (In Eng.).
13. Амисса Д. К., Яокума В., Ансонг Э. Д. и др. Оценка методов снижения размерности при обнаружении программ Bitcoin: сравни тельный анализ инкрементального PCA и UMAP // Security and Privacy. – 2025. – Т. 8. – № 2. – DOI: 10.1002/spy2.70002. – Текст: электронный. (In Eng.).
14. Леон-Гомес Э. А., Альварес-Меса А. М., Кастельянос-Домингес Г. Расширение данных между наборами данных с использованием UMAP для прогнозирования скорости ветра на основе глубокого обучения // Computers. – 2025.–Т. 14. – № 4. – С. 123. – DOI: 10.3390/computers 14040123. – Текст: электронный. (In Eng.).
15. Мясников Е. Использование UMAP для снижения размерности гиперспектральных данных // FarEastCon 2020. – Владивосток, 2020. – С. 9271656. – DOI: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271656. – Текст: электронный. (In Eng.).
16. Куренков П. В., Карышев М.Ю. Сопоставление отдельных аспектов социально-экономического положения районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей с остальной территорией Российской Федерации // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2025. – № 1. – С. 37–49. – DOI: 10.36718/2500-1825-2025-1-37-49. – Текст: электронный.
17. Королева У. Н., Лебедева А. А. Социально-экономическое развитие регионов в условиях внешних вызовов // Российские регионы в фокусе перемен: Сборник докладов XIX международной конференции студентов и молодых ученых, Екатеринбург, 14–16 ноября 2024 года. – Екатеринбург: «Ажур», 2025. – С. 169–171.
18. Заварухин В. П., Чинаева Т. И., Чурилова Э. Ю. Регионы России: результаты кластеризации на основе экономических и инновационных показателей // Статистика и экономика. – 2022. – Т. 19. – № 5. – С. 35–47. – DOI: 10.21686/2500-3925-2022-5-35-47. – Текст: электронный.
19. Тимофеева Ю. А. Построение модели рейтинга стран по параметрам «экономический рост», «кластеризация» в странах-лидерах по уровню кластеризации // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2021. – № 2 (250). – С. 134–137.
20. Минаков А. В. Проблемы сбалансированного социально-экономического развития регионов России // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 3-3. – С. 420–427.

Cybernetics. 2022 Vol. 13. No. 12. - pp. 3981–3992. DOI: 10.1007/s13042-022-01635-2.

12. Steinerberger S., Zhang Yu. T-SNE, Forceful Colorings, and Mean Field Limits. *Research in Mathematical Sciences*. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 1–30. DOI: 10.1007/s40687-022-00340-4.

13. Amissah D. K., Yaokumah W., Ansong E. D., Appati Ju. K. Evaluating Dimensionality Reduction Techniques in Bitcoin Ransomware Detection: Comparative Analysis of Incremental PCA and UMAP. *Security and Privacy*. 2025. Vol. 8. No. 2. DOI: 10.1002/spy2.70002.
14. Leon-Gomez E. A., Álvarez-Meza A. M., Castellanos-Dominguez G. Cross-Dataset Data Augmentation Using UMAP for Deep Learning-Based Wind Speed Prediction. *Computers*. 2025. Vol. 14. No. 4. P. 123. DOI: 10.3390/computers 14040123.

15. Myasnikov, E. Using UMAP for Dimensionality Reduction of Hyperspectral Data. *FarEastCon 2020.* Vladivostok, 2020. P. 9271656. DOI: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271656.

16. Kurenkov P. V., Karyshev M. Yu. Comparison of Certain Aspects of The Socio-Economic Situation of the Far North Districts and Areas Equated to Them with the Rest of the Territory of the Russian Federation. *Sotsial'no-ekonomicheskiy i gumanitarniy zhurnal*. 2025. No. 1. pp. 37–49. DOI: 10.36718/2500-1825-2025-1-37-49. (In Russ.).

17. Koroleva U. N., Lebedeva A. A. Socio-Economic Development of Regions in the Context of External Challenges. *Russian Regions in the Focus of Change: Proceedings of the XIX International Conference of Students and Young Scientists, Yekaterinburg, November 14-16, 2024*. Yekaterinburg: Azhur Publishing House, 2025. pp. 169–171. (In Russ.).
18. Zavarukhin V. P., Chinaeva T. I., Churilova E. Yu. Regions of Russia: Clustering Results Based on Economic and Innovative Indicators. *Statistika i Economika.* 2022. Vol. 19. No. 5. pp. 35–47. DOI: 10.21686/2500-3925-2022-5-35-47. (In Russ.).

19. Timofeeva Yu. A. Building a Model of the Rating of Countries by the Parameters "Economic Growth", "Clustering" in the Leading Countries by the Level Of Clustering. *Trudy BSTU. Serija 5: Economika i Upravlenije*. 2021. No. 2 (250). pp. 134–137. (In Russ.).
20. Minakov A.V. Problems of Balanced Socio-Economic Development of Russian Regions. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*. 2024. No. 3-3. pp. 420–427 (In Russ.).

21. Крыжко Д. А., Смирнова И. А., Конников Е. А., Унгвари Л. Методология снижения размерности в задачах анализа регионального инновационного потенциала: состязательный подход // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. – 2024. – № 2 (77). – С. 69–77. – DOI: 10. 52897/2411-4588-2024-2. – Текст: электронный.
22. Дастджерди Б. и др. Обзор применимых методов обнаружения выбросов при обработке геомеханических данных // Geotechnics. – 2023. – Т. 3. – № 2. – С. 375–396. – DOI: 10.3390/Geotech nics3020022. – Текст: электронный. (In Eng.).
23. Чжоу Хэ, Цзоу Х. Непараметрическая модель Бокса-Кокса для многомерного регрессионного анализа // Journal of Econometrics. – 2024. – Т. 239. – № 2. – С. 105419. – DOI: 10.1016/j.jeconom.2023. 01.025. – Текст: электронный. (In Eng.).
24. Старовойтов В. В., Голуб Ю. И. Нормализация данных в машинном обучении // Информатика. – 2021. – Т. 18. – № 3. – С. 83–96. – DOI: 10. 37661/1816-0301-2021-18-3-83-96. – Текст: электронный.
25. Письменский А. В. Подготовка данных для машинного обучения // Современные вызовы экономики и систем управления в России в условиях многополярного мира: Сборник статей Международной научно-практической конференции, приуроченной к 105-летию Финуниверситета. – Санкт-Петербург: ООО «Скифия-принт», 2024. – С. 196–204.
26. Федеральная служба государственной статистики. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: www.rosstat.gov.ru (дата обращения: 20.02.2026). – Текст: электронный.

21. Kryzhko D. A., Smirnova I. A., Konnikov E. A., Ungvari L. Methodology of Dimension Reduction in Problems of Analysis of Regional Innovation Potential: a Competitive Approach. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya*. 2024. No. 2 (77). pp. 69–77. DOI: 10. 52897/2411-4588-2024-2. (In Russ.).
22. Dastjerdy B., Saeidi B., Heidarzadeh Sh. Review of Applicable Outlier Detection Methods to Treat Geomechanical Data. *Geotechnics*. 2023. Vol. 3. No. 2. pp. 375–396. DOI: 10.3390/Geotech nics3020022.
23. Zhou He., Zou H. The Nonparametric Box–Cox Model for High-Dimensional Regression Analysis. *Journal of Econometrics*. 2024. Vol. 239. No. 2. P. 105419. DOI: 10.1016/j.jeconom.2023. 01.025.
24. Starovoitov V. V., Golub Yu. I. Data Normalization in Machine Learning. 2021. Vol. 18. No. 3. pp. 83–96. DOI: 10.37661/1816-0301-2021-18-3-83-96. (In Russ.).
25. Pisminskiy A.V. Preparing data for Machine Learning. *Modern Challenges of the Economy and management systems in Russia in a multipolar world: A collection of articles of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 105th anniversary of the Financial University*. Saint-Petersburg: OOO "Scythia-print". 2024. pp. 196–204. (In Russ.).
26. Federal State Statistics Service. Official website [Electronic resource]. URL: www.rosstat.gov.ru (Accessed: 20.02.2026). (In Russ.).

Орлова Екатерина Андреевна / Orlova Ekaterina A.
студент / student
Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы (РАНХиГС) / North-Western Institute of Management – a branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA)
Санкт-Петербург, Средний пр. В.О., д. 57/43, лит. А
E-mail: eorlova-22@ranepa.ru

Полянская Светлана Владимировна / Polyanskaya Svetlana V.
кандидат технических наук, доцент / PhD, Associate Professor
доцент кафедры бизнес-информатики / Associate Professor of the Department of Business Informatics
Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы (РАНХиГС) / North-Western Institute of Management – a branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA)
Санкт-Петербург, Средний пр. В.О., д. 57/43, лит. А
E-mail: polyanskaya-sv@ranepa.ru

Статья поступила в редакцию 12.01.2026; одобрена после рецензирования 15.04.2026; принята к публикации 24.06.2026.
The article was submitted 12.01.2026; approved after reviewing 15.04.2026; accepted for publication 24.06.2026.

Научная статья
УДК 332.1
DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-31-42

ТРАНСФОРМАЦИЯ БУХГАЛТЕРСКОЙ ОТЧЁТНОСТИ КОМПАНИИ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ МАРЖИНАЛЬНОЙ ПРИБЫЛЬЮ

Владимир Александрович Кунин[1], Наталья Алексеевна Лазарева[2,3]✉

[1,2]Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Санкт-Петербург, Россия
[3]Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербург, Россия
[1]v.kunin50@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-6296-4978
[2]nataly.lazarev.1972@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8009-0338
Язык статьи – русский

Аннотация: Современные вызовы выдвигают требования быстрого принятия и исполнения решений в условиях быстрых изменений внешних условий. Это обуславливает необходимость трансформации финансовой отчётности в целях повышения информативности и расширения возможностей её использования при управлении корпоративными финансами. В этой связи особую актуальность приобретают задачи обоснования необходимости адаптации стандартизованной и обязательной к исполнению финансовой отчётности для управленческих целей и разработка практических рекомендаций по её трансформации.

Цель исследования заключается в формировании методологической базы преобразования и унификации основных форм финансовой отчетности для повышения результативности учета, увеличения ценности информации, содержащейся во внешней отчетности и обеспечения качества управленческого контроля. Задачи исследования – дать характеристику основные качеств российской финансовой отчётности и обосновывать необходимость адаптации стандартов учета к современным требованиям рынка и информационным потребностям пользователей финансовой отчетности. Материалы и методы исследования включают анализ нормативно-правовых актов, регулирующих бухгалтерский учет и финансовую отчетность и сравнение подходов к формированию отчетности в разных странах. В статье обосновывается необходимость трансформации публичной финансовой отчётности российских компаний в целях повышения информативности и расширения ее аналитических и управленческих возможностей. Определяются параметры, справочное отражение которых в формате финансовой отчётности, утвержденной Минфином, позволит использовать стандартизированную отчётность для решения ключевых задач, возникающих в рамках управленческого учета. Предлагается формат отчёта о финансовых результатах, адаптированного к потребностям решения ключевых задач управления финансами. Формулируются рекомендации по направлениям дальнейшего совершенствования финансовой отчётности.

Действующую финансовую отчетность необходимо адаптировать к современным реалиям внесением показателей, обеспечивающих решение ключевых управленческих задач, включая мониторинг финансовой безопасности и стоимости бизнеса. Дальнейшие исследования требуют изучения внедрения в отчетность ESG-показателей, разработки новых индикаторов для повышения информационной значимости отчетности.

Ключевые слова: аналитические возможности отчетности, бухгалтерская отчетность, корпоративные финансы, стандарты бухгалтерского учета, трансформация отчетности, управленческий учет, финансовая безопасность

Ссылка для цитирования: Кунин В. А., Лазарева Н. А. Трансформация бухгалтерской отчётности компании с целью обеспечения финансовой безопасности и управления маржинальной прибылью // Экономика. Право. Инновации. – 2026. – Т. 14.– № 2.– С. 31–42. – DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-31-42.

TRANSFORMATION OF FINANCIAL REPORTING FOR USE IN CORPORATE FINANCE MANAGEMENT

Vladimir A. Kunin[1], Natalya A. Lazareva[2,3]✉

[1,2]St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, Saint Petersburg, Russia
[3]St. Petersburg State Marine Technical University (SMTU), Saint Petersburg, Russia
[1]v.kunin50@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-6296-4978
[2]nataly.lazarev.1972@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8009-0338
Article in Russian

Abstract: Modern challenges require rapid decision-making and execution in a rapidly changing external environment. This necessitates the transformation of financial reporting to improve its information content and expand its applicability in corporate financial management. In this regard, the need to justify the need to adapt standardized and mandatory financial reporting for management purposes and the development of practical recommendations for its transformation are particularly relevant.

The purpose of this study is to develop a methodological framework for the transformation and unification of the main forms of financial reporting to improve accounting performance, enhance the value of information contained in external reporting, and ensure the quality of management control. The materials and methods of the study include an analysis of regulatory acts governing accounting and financial reporting and a comparison of reporting approaches in different countries.

The article substantiates the need to transform the public financial statements of Russian companies to improve their quality, enhance their information content, and expand their analytical and management capabilities. It identifies parameters whose reference reflection in the financial reporting format approved by the Ministry of Finance will enable the use of standardized reporting to address key management accounting challenges. A financial performance report format adapted to the needs of addressing key financial management challenges is proposed. Recommendations for further improvement of financial reporting are formulated. Further research requires exploring the integration of ESG indicators into financial statements, as well as the development of new indicators to enhance the informational value of financial statements.

Keywords: analytical reporting capabilities, financial reporting, corporate finance, accounting standards, reporting transformation, management accounting, financial security

For citation: Kunin V. A., Lazareva N. A. Transformation of Financial Reporting for Use in Corporate Finance Management. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2026. Vol. 14. No. 2. pp. 31–42. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-31-42.

Введение. Актуальность трансформации финансовой отчетности для управления корпоративными финансами обусловлена следующими ключевыми факторами: высоким уровнем неопределенности бизнес-среды, глобализацией рынков, усилением конкуренции, повышением требований кредиторов и инвесторов к качеству и прозрачности корпоративных отчетов, развитием цифровых технологий и автоматизации процессов обработки данных. Воздействие данных факторов вызывает необходимость совершенствования методов финансового анализа и интерпретации отчетных данных. В связи с этим финансовая отчетность должна адаптироваться к новым условиям, обеспечивая менеджмент актуальной и релевантной информацией для принятия стратегических решений.

Триада требований современного рынка диктует необходимость оперативного принятия решений, их быстрого исполнения и вывода продукции на рынок, что накладывает дополнительные требования к финансовой отчётности в части полноты её возможностей для принятия финансовых, инвестиционных и управленческих решений. Такие возможности пользователям предоставляет управленческий учёт, в котором благодаря разделению расходов на постоянные и переменные формируется необходимая информация. Однако в отличие от стандартизованного и обязательного к использованию бухгалтерского учёта, управленческий учёт не стандартизован и не обязателен к использованию российскими организациями. Это обстоятельство обуславливает необходимость формализации дополнительных возможностей, предоставляемых управленческим учётом, с целью стандартизации его элементов и их включения в обязательную финансовую отчётность.

Постановка задачи исследования. Целью проведенного исследования является разработка методологических подходов и практических рекомендаций по трансформации и стандартизации важнейших форм финансовой отчетности с целью повышения эффективности осуществления управленческого учета и повышения информативности финансовой отчетности для целей финансового, инвестиционного и управленческого анализа.

В качестве основной гипотезы исследования выступает обоснование необходимости трансформации и стандартизации ключевых элементов (показателей) финансовой отчетности, имеющих особое значение для управления корпоративными финансами и повышения качества финансовой отчетности, что обеспечивает интересы различных групп пользователей, в условиях высокого уровня неопределённости и рисков.

В связи с этим основными задачами исследования являются:

1. Обзор и характеристика важнейших качеств финансовой отчетности, установленного в РФ формата, и оценка их влияния на принятие решений основными пользователями.

2. Изучение роли и возможностей использования управленческих показателей для повышения аналитической ценности корпоративной отчётности.

3. Разработка предложений по формализации важнейших показателей финансовой отчётности в целях их эффективного использования при управлении корпоративными финансами.

4. Оценка влияния предложенных мер на повышение информативности и полезности финансовой отчетности для внешних и внутренних пользователей.

Литературный обзор. Процессы трансформации финансовых отчётов тесно связаны с необходимостью их адаптации к специфическим потребностям эффективного управления корпоративными финансами, глобализацией международных отношений, широким внедрением в практику учета и анализа российских компаний международных стандартов финансовой отчетности [1]. Эти и другие подобные направления активно исследуется учеными-экономистами различных стран, особенно в контексте трансформации бизнес-моделей. Так, Маршакова И. А. и Челмакина Л. А. в статье [2] рассматривают процедуру трансформации финансовой отчетности на предмет ее соответствия международным стандартам в рамках нескольких этапов. Авторы утверждают, что постепенное внедрение в российскую отчетность элементов, соответствующих международным стандартам, позволяет повысить прозрачность информации о деятельности компании.

Аничкина О. А., Миргородская М. Г. и Коротких Т. Н. в работе [3] раскрывают необходимость формирования финансовой отчётности на основе ее классификации на упрощенный, стандартный и множественный варианты, что дает возможность компании (при множественном варианте) вводить собственные показатели в случае недостаточности статей, предусмотренных действующими нормативно-правовыми актами.

Трансформации финансовой отчетности как инструменту повышения прозрачности корпоративных финансов и эффективности принятия решений уделяется значительное внимание не только на страницах научных журналов, но и на полях профессиональных форумов. В частности, Григорьева Е. в публикации [4] делает акцент на том, что специального стандарта по процедуре трансформации отчетности из РСБУ в МСФО нет, существует перечень некоторых наиболее распространённых корректировок.

Виды и объемы применяемых при трансформации отчетности корректировок зависят от многих причин (масштаба компании и сферы ее деятельности, особенностей отрасли и др.). Это же утверждают Жердева О. В., Небавская Т. В. и др. в работе [5]. Они, как и большинство исследователей в данной области, отмечают, что состав необходимых корректировок носит индивидуальный характер и для каждой организации определяется спецификой ее хозяйственной деятельности и различиями в правилах учета и оценки по российским и международным стандартам.

Другая группа исследователей качественных характеристик отчёта о финансовых результатах считает, что отчёт необходимо дополнять более подробными статьями, такими как, например, курсовые разницы, доходы и расходы, не включаемые в чистую прибыль. В частности, к таким авторам относятся Дружиловская Т. Ю., Дружиловская Э. С. [6], Понкратова А. П., Сырбу А. Н. [7], Пешкова Н. Р. [8] и другие. Дружиловская Т. Ю. и Дружиловская Э. С. в отношении совершенствования Отчета о финансовых результатах предлагают отдельно отражать курсовые разницы; выделять показатели прибыли (убытка) от продолжающейся (прекращаемой) деятельности; расширять показатели доходов и расходов, не включаемых в чистую прибыль (убыток) периода; а также разрешить организациям применять два метода классификации расходов по обычным видам деятельности (в зависимости от отраслевой принадлежности).

Близкого мнения придерживаются авторы [7] и [8], которые считают, что при составлении отчёта о финансовых результатах необходимо применять два метода отражения расходов, используемых по международным стандартам: «по характеру затрат» и «по

функции затрат», поскольку Международные стандарты обеспечивают большую прозрачность и гибкость представления информации. В [8] предлагается использовать модифицированную форму отчета о финансовых результатах, в которой будут представлены расходы от обычных видов деятельности с подразделением на такие их виды: «Коммерческие расходы», «Отчисления на социальные нужды», «Управленческие расходы», «Амортизация».

Зарубежные исследования также отражают необходимость грамотной трансформации отчетности с целью повышения эффективности корпоративного управления, роста доверия инвесторов и снижения транзакционных издержек. Данного мнения придерживаются такие авторы, как Росли Анвари [9], Олайинка Эрин 10], Халдун Аль Дауд [11] и другие.

Большинство показателей, влияющих на формирование финансовых результатов и адекватную оценку финансовой устойчивости компании, находятся в управленческих отчетах, данные из которых не попадают в итоговую финансовую отчетность. Таким образом, контрагентам, имеющим прямой интерес к компании, сложно проанализировать некоторые важнейшие финансово-экономические показатели. Решение видится в формировании отчетов о финансовом положении и финансовых результатах компании с включением в них статей, взятых из управленческих отчетов, но не носящих гриф коммерческой тайны. Если же пользователю необходима более подробная и детальная информация, являющаяся коммерческой тайной или иной закрытой информацией, то при ее передаче необходимо обеспечить высокую степень защиты данных.

Непосредственно управленческий учет формирует информацию, на основе которой проводится анализ текущих и запланированных расходов и доходов предприятия в соответствии с организационной структурой компании или сегментами предпринимательства [12]. На это также указывают немецкие ученые Пол Доннермайер и Бенджамин Юнг [13]. Они подчеркивают, что показатели EBIT и EBITDA необходимо отражать в публичной финансовой отчётности, поскольку более высокая доля продаж обычно связана с улучшением оценки компании [13]. Кроме того, результаты исследования американских ученых, проведенные в период с 2003 по 2020 год, доказывают, что в публичной финансовой отчётности необходимо отражать такие показатели, как скорректированная прибыль и EBITDA, поскольку именно они считаются наиболее информативными для инвесторов [14]. Следует также отметить, что Крис Барбер (Великобритания), консультант по бизнес-аналитике (BI), Microsoft MVP и дипломированный бухгалтер (ACMA, CGMA), считает, что анализировать финансовые данные с разных точек зрения, учитывать дополнительные финансовые параметры, а также обеспечивать безопасность и возможность проведения самостоятельных расчетов для пользователей позволят семантические модели внешней и внутренней отчётности о прибылях и убытках [15].

Также следует обратить внимание на то, что в исследовании Дж. Бартона, Т. Б.Хансена, и Г. Поунолла [16] утверждается, что доходность (в том числе маржа) является ключевым финансовым показателем, основанным на способности компании генерировать прибыль от основной деятельности. Этот показатель исключает иррациональные искажения, которые могут возникать в рыночных финансовых коэффициентах, и акцентирует внимание на умении компании получать прибыль.

Результаты обобщения приведённых исследований показали, что действующая практика формирования финансовой отчетности должна фокусироваться на необходимости адаптации стандартов учета к современным требованиям рынка и информационным потребностям пользователей финансовой отчетности.

Методы и материалы исследования. В работе использованы методы систематизации и формализации задач управления финансами, а также аналитические подходы к отбору и структурированию финансовых показателей, необходимых для трансформации отчётности. В качестве источников информации использовались стандарты МСФО, федеральные стандарты бухгалтерского учета, положения российской системы бухгалтерского учёта, а также отдельные научные публикации, в частности, аналитические зависимости из источника [17]. Особое внимание уделено

сопоставлению состава показателей в российской и международной отчётности, а также обоснованию необходимости раскрытия дополнительных параметров (например, постоянных и переменных затрат, маржинальной прибыли) для повышения управленческой ценности финансовой отчётности.

С целью формализации требований к трансформации финансовой отчётности, адаптированной для использования при решении задач управления финансами необходимо систематизировать основные направления трансформации важнейшей формы отчетности (Отчета о финансовых результатах) и выделить параметры, отражение которых в данной форме финансовой отчётности является необходимым. В таблице 1 формализованы параметры, справочное отражение которых в стандартизованной финансовой отчётности позволит использовать ее для решения ключевых задач управления финансами.

Таблица 1

Ключевые задачи управления финансами и используемые при их решении финансовые показатели и параметры

Источник: составлено авторами с частичным использованием аналитических зависимостей [17]

Задачи	Финансовые показатели	Параметры	Примечание
Оценка показателей финансовой безопасности в целях управления формированием прибыли и мониторинга уровня рисков убыточности основной деятельности	1. Точка безубыточности $ЧД_{тб} = \frac{И_{пост}}{1-\frac{И_{пер}}{ЧД}}$ или $ЧД_{тб} = \frac{И_{пост}}{МП} \cdot ЧД$	$И_{пост}$ и $И_{пер}$ – постоянные и переменные издержки; $ЧД_{тб}$ – чистый доход (выручка – нетто) в точке безубыточности; $ЧД$ – чистый доход (выручка – нетто); $МП$ – маржинальная прибыль	В данном контексте постоянные и переменные издержки соответствуют постоянным и переменным расходам по основной деятельности
	2. Предел безопасности (запас финансовой прочности) $ПБ_{ст} = ЧД - ЧД_{тб}$	$ПБ_{ст}$ – предел безопасности (запас финансовой прочности)	Показывает, насколько в абсолютном выражении может снизиться выручка, чтобы не получить убытки
	3. Коэффициент Безопасности $КБ = \frac{ПБ_{ст}}{ЧД} \cdot 100$ или $КБ = \frac{\frac{П_{пр}}{И_{пост}}}{1+\frac{П_{пр}}{И_{пост}}} \cdot 100$	$КБ$ – коэффициент безопасности; $П_{пр}$ – прибыль от продаж	Показывает, насколько в относительном выражении может снизиться выручка, чтобы не получить убытки
Мониторинг изменения стоимости бизнеса в целях стратегического	$EVA = NOPAT - $ $- WACC \cdot C$	EVA – экономически добавленная стоимость; $NOPAT$ – чистая операционная прибыль с вычетом налогов до уплаты процентов;	Показатель EVA оценивает изменение стоимости бизнеса за временной интервал, соответствующий

Задачи	Финансовые показатели	Параметры	Примечание
управления предприятием		$WACC$ – средневзвешенная стоимость капитала; C – капитал организации	периоду оценивания этого показателя
Оценка чистого денежного потока EBITDA в целях оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, оценки бизнеса и др.	$EBITDA = EBIT + AO$	$EBITDA$ – чистый денежный поток; $EBIT$ – прибыль до уплаты процентов и налога; AO – амортизационные отчисления	Является базой оценки показателей экономической эффективности инвестиционных проектов и бизнеса, исключая влияние таких страновых факторов как ставка налога на прибыль и ставка кредитного процента

Следует отметить, что показатели NOPAT, EBIT и EBITDA в обязательном порядке отражаются в МСФО, что показывает лучшую адаптацию МСФО к потребностям управления финансами по сравнению с российской финансовой отчётностью. Параметры $И_{пост}$, $И_{пер}$ и МП обычно отражаются в управленческом учёте (в тех организациях, где такой учёт ведётся), но в состав российской бухгалтерской отчётности они не включаются.

Большинство показателей, представленных в таблице 1, не отражаются и в корпоративной финансовой отчётности. Например, показатель «EBITDA» (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization), невозможно рассчитать на основе формы «Отчета о финансовых результатах», действующей в настоящее время в РФ. Отсутствуют также и другие важнейшие показатели, например, маржинальная прибыль. Информация о маржинальной прибыли, по мнению авторов, в обязательном порядке должна раскрываться в финансовой отчетности. Для этого целесообразно в Отчете о финансовых результатах отражать постоянные и переменные затраты отдельными статьями, так как это позволит различным группам пользователей определять величину не только маржинальной прибыли, но и другие важные финансовые показатели, (в частности, эффект операционного левериджа, показывающий, на сколько процентов изменится прибыль от продаж при увеличении выручки на 1%).

Результаты исследования. С высокой степенью точности оценить все необходимые показатели весьма сложно, а для многих предприятий, которые имеют только данные баланса и отчета о финансовых результатах, утвержденного в РФ формата, невозможно. Для большинства контрагентов, связанных сторон, потенциальных инвесторов и действующих акционеров весьма важно правильно оценить инвестиционную привлекательность компании, учитывая размеры инвестиций, выручку, прибыль, индекс доходности, срок окупаемости и другие показатели [18].

Включение в Бухгалтерский баланс и Отчет о финансовых результатах тех или иных показателей должно происходить на основе:

– Федерального стандарта бухгалтерского учёта (ФСБУ) 4/2023 «Бухгалтерская (финансовая) отчётность»;

– учетной политики;

– профессионального суждения бухгалтера [19], в котором указано, что любые показатели могут быть включены в баланс, если организация сочтет целесообразным это раскрыть в связи с их существенностью [20, 21];

– формирования скрытых копий писем отдельным заинтересованным сторонам, при

этом сам документ остается общедоступным лишь в ограниченном объёме;

– данных прогнозного баланса, используемого в качестве основы для разработки бюджетов компании, для привлечения инвестиций и кредитов, для формирования отчетности для заинтересованных сторон-инвесторов, партнеров и регулирующих органов [22]. С учётом изложенного сформирован формат Отчета о финансовых результатах, имеющий функциональное значение для отдельных групп пользователей (таблица 2).

Таблица 2

Предлагаемый формат Отчета о финансовых результатах

Источник: составлено авторами с частичным использованием источника [20]

Показатель		За отчетный период	За аналогичный период предыдущего года
Наименование	Код		
Выручка от продажи товаров, продукции, работ, услуг (к получению)	2110		
Себестоимость проданных товаров, работ, услуг, в т.ч.	2130		
В том числе:			
– переменные затраты	2131		
– постоянные затраты	2132		
– амортизация			
Валовая прибыль	2210		
Управленческие расходы, в т.ч.:	2130		
– переменные расходы	2131		
– постоянные расходы	2132		
Коммерческие расходы, в т.ч.:	2140		
– переменные расходы	2141		
– постоянные расходы	2142		
Маржинальная прибыль			
Чистый денежный поток (EBITDA)			
Прибыль (убыток) от продаж	2200		
Налог на прибыль	2300		
Прибыль до уплаты процентов и налога (EBIT)			
Чистая операционная прибыль с вычетом налогов до уплаты процентов (NOPAT)	2600		
Чистая прибыль после уплаты налогов и процентов	2700		
Прибыли, не учитываемые при налогообложении	2900		

В соответствии с действующим порядком выручка признается по отгрузке и предъявлению счетов покупателю. При таком отражении выручки (по методу начисления) предприятие получает «расчетную» прибыль, но «живые» деньги могут еще не поступить. В связи с этим финансовое положение может являться устойчивым, но по факту финансовый результат не будет достаточным.

Таким образом, введение в отчёт о финансовых результатах статей «постоянные и

переменные затраты», «маржинальная прибыль» и «чистый денежный поток» позволяет сделать этот документ гораздо более информативным с аналитической точки зрения и эффективным для управления бизнесом. Основной проблемой остается правильное разделение затрат на постоянные и переменные. Поэтому организация должна разработать систему обоснования их деления и закрепить это в учётной политике.

При этом следует руководствоваться следующими положениями.

1. Постоянные затраты (расходы) – это затраты, (расходы), не зависящие от объёма производства или продаж, то есть все расходы, учитываемые по Дебету счета 26 «Общехозяйственные расходы» и частично на счете 25 «Общепроизводственные расходы».

2. Переменные затраты (расходы) — это затраты (расходы) напрямую зависящие от объёма выпуска или продаж (Дебет 20, Кредит 02), то есть все затраты, собираемые в течение отчетного периода в Дебете счета 20 «Основное производство» и частично на счете 25 «Общепроизводственные расходы».

Выделение переменных и постоянных затрат в отчёте позволяет легко и прозрачно:

– определить структуру расходов;

– определить, какая часть затрат изменяется при росте или снижении объёмов деятельности;

– выявить основные направления оптимизации расходов

– рассчитать маржинальную прибыль, являющуюся ключевым показателем для анализа эффективности основной деятельности, так как он показывает, сколько средств остаётся на покрытие постоянных затрат и формирование прибыли после вычета переменных расходов.

Включение в отчёт показателя «Чистый денежный поток» позволит:

– установить *реальную* ликвидность компании;

– анализировать способность бизнеса *генерировать* денежные средства;

– принимать решения *по инвестициям*, выплатам дивидендов, погашению долгов.

Детально преимущества нового формата Отчета о финансовых результатах систематизированы в таблице 3.

Таблица 3

Практическое значение предлагаемых показателей нового Отчета о финансовых результатах

Источник: составлена авторами

Показатель	Аналитическое значение показателя отчета
Постоянные затраты Переменные затраты	Позволяют искать пути повышения запаса финансовой прочности, прибыли от продаж и снижения структурного риска, то есть риска финансовых потерь из-за несоответствия структуры издержек конъюнктуре рынка сбыта
Маржинальная прибыль	Даёт возможность оперативно оценивать точку безубыточности, эффект операционного левериджа и, как следствие, «силу» влияния изменения выручки на прибыль от продаж и запас финансовой прочности
Чистый денежный поток	Обеспечивает контроль ликвидности и финансовой устойчивости

Такая архитектоника отчета позволяет видеть итоговую прибыль, понимать, каким образом формируется финансовый результат, насколько эффективна структура затрат и возможности бизнеса генерировать денежные средства для развития компании.

Выводы и рекомендации. В современных условиях финансовая отчётность призвана обеспечивать удовлетворение интересов различных групп внутренних и внешних пользователей. Внутренняя финансовая отчётность должна составляться с учетом требований управленческого персонала и быть нацеленной на повышение прозрачности внутренних процессов управления предприятием, улучшение качества управления финансовыми показателями и принятия решений. Она должна давать информацию, обеспечивающую внутреннюю аналитику эффективности операций, оценку потенциала роста бизнеса и оперативное выявление слабых позиций.

Триада требований современного рынка, предусматривающая быстрое принятие решений, их быстрое исполнение и быстрый вывод продукции на рынок требует оперативного принятия эффективных решений, что обуславливает необходимость ведения полноценного управленческого учёта, который в настоящее время не является обязательным и стандартизированным. Поэтому весьма актуальной является адаптация действующей финансовой отчётности к требованиям современного рынка. Решение данной проблемы видится в совершенствовании Отчёта о финансовых результатах путем включения в состав его статей дополнительных показателей, предложенных в настоящем исследовании и позволяющих решать ключевые задачи управления финансовыми результатами и денежными потоками.

Совершенствование структуры Отчёта о финансовых результатах посредством включения в него дополнительных показателей выступает ключевым инструментом для решения этих актуальных задач. В частности, это касается оценки индикаторов финансовой безопасности, эффективного управления процессом формирования прибыли, а также осуществления мониторинга рисков убыточности основной деятельности. Кроме того, расширенный состав статей отчёта позволит проводить оценку динамики стоимости бизнеса в интересах стратегического управления, регулировать чистый денежный поток, повышая тем самым экономическую эффективность инвестиционных проектов и решать ряд других важных задач.

Проведённая в работе формализация взаимосвязи между ключевыми задачами управления и применяемыми при их решении финансовыми показателями позволила предложить и научно обосновать целесообразность и необходимость дополнения отчёта о финансовых результатах дополнительными показателями, перечень и характеристика которых представлены в таблице 2.

В качестве основных направлений дальнейших исследований по совершенствованию финансовой отчётности выделим: акцентирование внимания на проработке возможностей включения нефинансовых показателей в финансовую отчетность в рамках ESG-концепции, формирование системы комплексной оценки их влияния на принятие управленческих решений, и разработку методики по переводу критериев устойчивого развития из количественных в стоимостные показатели.

Немаловажным направлением совершенствования финансовой отчётности является оценка информационной ценности внутренних отчётов, раскрывающих особенности формирования финансового результата конкретной организации. Поэтому перспективы данного исследования панируется связать с формированием новых комплексных индикаторов или пересмотром их морально устаревших версий с целью повышения качества и полноты анализа финансовых отчетов, учитывающих как традиционные финансовые показатели, так и современные рыночные тенденции, включая внешние факторы.

Декларация о применении ИИ. При подготовке текста статьи технологии искусственного интеллекта (ИИ) не использовались.

Список источников

1. Приказ Минфина России от 04.10.2023 № 157н «Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 4/2023 «Бухгалтерская (финансовая) отчетность» [Электронный ресурс]. – URL: minfin.gov.ru/ru/ (дата обращения: 24.02.2026). – Текст: электронный.
2. Маршакова И. А., Челмакина Л. А. Трансформация финансовой отчетности в формат МСФО: способы составления, проблемы и варианты ведения // Управленческий учет. – 2023. – № 6. – С. 216–222.
3. Аничкина О. А., Миргородская М. Г., Коротких Т. Н. Перспективы цифровой трансформации бухгалтерской (финансовой) отчетности // Вестник МГУТУ. Экономика. Серия прикладных научных дисциплин. – 2024. – № 02. – С. 71–81.
4. Григорьева Е. Порядок трансформации отчетности из РСБУ в МСФО // Nalog-Nalog.ru [Электронный ресурс]. – URL: nalog-nalog.ru/msfo/poryadok_transformacii_otchetnosti_iz_rsbu_v_msfo/?ysclid=mm0osppa5c91934782 (дата обращения: 24.02.2026). – Текст: электронный.
5. Жердева О. В., Небавская Т. В., Ховятская Е. А., Святкина К. Н. Трансформация отчетности из российских стандартов бухгалтерской отчетности к международным стандартам финансовой отчетности // Индустриальная экономика. – 2024. – № 3. – С. 181–184.
6. Дружиловская Т. Ю., Дружиловская Э. С. Совершенствование формирования отчета о финансовых результатах как информационной базы для принятия стратегических решений // Учет. Анализ. Аудит. – 2021. – Т. 8. – № 4. – С. 69–79. – DOI: 10.26794/2408-9303-2021-8-3-69-79. – Текст: электронный.
7. Понкратова А. П., Сырбу А. Н. Недостатки отчета о финансовых результатах и рекомендации по его усовершенствованию // Современные научные исследования и инновации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 6. – URL: web.snauka.ru/issues/2019/06/89505 (дата обращения: 24.02.2026). – Текст: электронный.
8. Пешкова Н. Р. Совершенствование формирования отчета о финансовых результатах // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2022. – № 1 (21). – С.41–44.
9. Росли А. С., Рохами Ш., Рокиа И. Факторы корпоративного управления и своевременность финансовой отчетности: систематический обзор и направления дальнейших исследований // Paper Asia. – 2024. – 40 (3b). – С. 121–131. – DOI: 10.59953/pape rasia.v40i3b.129. – Текст: электронный. (In Eng.).
10. Осаримен А. и др. Влияют ли характеристики совета директоров на своевременность финансовой отчетности? Эмпирический анализ // Interna-

References

1. Order of the Ministry of Finance of Russia dated October 4, 2023 No. 157n «On approval of the Federal Accounting Standard FSBU 4/2023 «Accounting (financial) statements» [Electronic resource]. URL: minfin.gov.ru/ru/ (Accessed: 24.02.2026). (In Russ.).
2. Marshakova I. A., Chelmakina L. A. Transformation of Financial Statements into IFRS Format: Methods of Preparation, Problems and Maintenance Options. *Upravlencheskij uchet*. 2023. No. 6. pp. 216–222. (In Russ.).
3. Anichkina O. A., Mirgorodskaya M. G., Korotkikh T. N. Prospects for Digital Transformation of Accounting (FInancial) Reporting. *Vestnik MGUTU. Ehkonomika. Seriya prikladnykh nauchnykh disciplin*. 2024. No. 02. pp. 71–81. (In Russ.).
4. Grigorieva E. The Procedure for Transforming Financial Statements from RAS to IFRS. *Nalog-Nalog.ru* [Electronic resource]. URL: nalog-nalog.ru/msfo/poryadok_transformacii_otchetnosti_iz_rsbu_v_msfo/?ysclid=mm0osppa5c91934782 (Accessed: 24.02.2026). (In Russ.).
5. Zherdeva O. V., Nebavskaya T. V., Khovyatskaya E. A., Svyatkina K. N. Transformation of Reporting from Russian Accounting Standards to International Financial Reporting Standards. *Industrial'naya ehkonomika*. 2024. No. 3. pp. 181–184. (In Russ.).
6. Druzhilovskaya T. Yu., Druzhilovskaya E. S. Improving the Formation of the Financial Performance Report as an Information Base for Making Strategic Decisions. *Uchyet. Analys. Audit*. 2021. Vol. 8. No. 4. pp. 69–79. DOI 10.26794/2408-9303-2021-8-3-69-79. (In Russ.).
7. Ponkratova A. P., Syrbu A. N. Disadvantages of the Financial Performance Report and Recommendations for its Improvement. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii* [Electronic resource]. 2019. No. 6. URL: web.snauka.ru/issues/2019/06/89505. (Accessed: 24.02.2026). (In Russ.).
8. Peshkova N. R. Improving the Formation of the Financial Performance Report. *Biznes-obrazovaniye v ekonomike znaniy*. 2022. No. 1 (21). pp. 41–44. (In Russ.).
9. Rosly A. S., Rohami Sh., Rokiah I. Corporate Governance Factors and Financial Reporting Timeliness: A Systematic Review and Future Research. *Paper Asia*. 2024. No. 40 (3b). pp. 121–131. DOI: 10.59953/paperasia.v40i3b.129.
10. Osariemen A. et al. Do Board Characteristics Affect Financial Reporting Timeliness? An Empirical Analysis. *International*

tional Journal of Financial Research. – 2021. – № 3. – С. 20482–20482. – DOI: 10.5430/ijfr.v12n4p191. – Текст: электронный. (In Eng.).
11. Аль-Дауд К. и др. Влияние внутреннего корпоративного управления на своевременность финансовой отчетности иорданских фирм // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – Том 6. – № 1. – DOI: 10.5901/mjss.2015.v6n1p430. – Текст: электронный. (In Eng.).
12. Бердибаева К. Т., Сайымбекова Н. К. Финансовый и управленческий учет как информационная база для управления в России и США // Бухгалтерский учет, анализ и аудит: современное состояние и перспективы развития: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25 апреля 2022 года. – Екатеринбург: УрГЭУ, 2022. – С. 11–14. – EDN: TVJPRZ.
13. Доннермейер П., Юнг Б. Влияние доли продаж электромобилей на стоимость предприятий автопроизводителей в зависимости от EBIT, EBITDA и выручки // New Players in Mobility. – 2025. – DOI: 10.1007/978-3-658-46485-1_9. – Текст: электронный. (In Deu.).
14. Янг С. Отчетность без учета GAAP после IPO // Rev Quant Finan Acc. – 2025. – DOI: 10.1007/s11 156-025-01457-7. – Текст: электронный. (In Eng.).
15. Барбер Ч. Семантические модели отчета о прибылях и убытках // Apress Berkeley, CA. – 2024. – DOI: 10.1007/979-8-8688-0330-7. – Текст: электронный. (In Eng.).
16. Бартон Дж. и др.Какие показатели эффективности инвесторы во всем мире ценят больше всего и почему? // The Accounting Review. – 2010. – Т. 85. – №. 3. – С. 753–789. – DOI: 10.2308/accr. 2010.85.3.753. – Текст: электронный. (In Eng.).
17. Кунин В. А. Оценка влияния ухудшения рыночной конъюнктуры на ключевые показатели финансовой безопасности и рентабельности // Ученые записки Международного банковского института. Вып. 16, посвященный 25-летию со дня основания Международного банковского института / Под науч. ред. М. В. Сиговой. – СПб.: Изд-во МБИ, 2016. – 179 с.
18. Куприянова Л. М., Осипова И. В. Баланс – важнейший источник информации для оценки развития бизнеса // Бухгалтерский учет в издательском деле и полиграфии. – 2015. – № 3 (175). – С. 40–53.
19. Лазарева Н. А. Исследование влияния профессионального суждения и креативного подхода на состав бухгалтерской финансовой отчетности // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. – 2024. – Т. 23. – № 2. – С. 40–49. – DOI 10.24182/2073-6258-2024-23-2-40-49. – Текст: электронный.

Journal of Financial Research, Sciedu Press. 2021. No. 3. pp. 20482–20482. DOI:10.5430/ijfr. v12n4p191.
11. Al Daoud K. et al. The Impact of Internal Corporate Governance on the Timeliness of Financial Reports of Jordanian Firms: Evidence Using Audit and Management Report Lags. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015. Vol. 6. No. 1. DOI: 10.5901/mjss.2015.v6n1p430.
12. Berdibaeva K. T., Sayymbekova N. K. Financial and Management Accounting as an Information Base for Management in Russia and the USA. *Accounting, analysis and audit: current state and development prospects: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference*, Yekaterinburg, April 25, 2022. *Yekaterinburg: Ural State University of Economics*, 2022. pp. 11–14. EDN: TVJPRZ. (In Russ.).
13. Donnermeyer, P., Jung, B. Der Einfluss des Absatzanteils von Elektrofahrzeugen auf den Unternehmenswert der Automobilhersteller in Relation zu EBIT, EBITDA und Umsatz. *New Players in Mobility*. 2025. DOI: 10.1007/978-3-658-46485-1_9. (In Deu.).
14. Yang S. Post-IPO Non-GAAP Reporting. *Rev Quant Finan Acc*. 2025. DOI: 10.1007/s11156-025-01457-7.
15. Barber Ch. Income Statement Semantic Models. *Apress Berkeley, CA*. 2024. DOI: 10.1007/979-8-8688-0330-7.

16. Barton J., Hansen T. B. and Pownall G. Which Performance Measures Do Investors around the World Value the Most – And Why? *The Accounting Review*. 2010. Vol. 85. No. 3. pp. 753–789. DOI: 10.2308/accr.2010.85.3.753.
17. Kunin V. A. Impact Assessment of Deterioration in Market Conditions on Key Indicators of Financial Safety and Profitability. *Uchenye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta*. No 16. Dedicated to the 25th anniversary of the International Banking Institute. Edited by M. V. Sigova. St. Petersburg: IBI publishing, 2016. 176 p. (In Russ.).

18. Kupriyanova L. M., Osipova I. V. Balance Sheet is the Most Important Source of Information for Assessing Business Development. *Buhgalterskij uchet v izdatel'skom dele i poligrafii*. 2015. No. 3 (175). pp. 40–53. (In Russ.).
19. Lazareva N. A. Study of the Influence of Professional Judgment and Creative Approach on the Composition of Financial Statements. *Uchenye zapiski Rossijskoj Akademii predprinimatel'stva*. 2024. Vol. 23. No. 2. pp. 40–49. DOI 10.24182/2073-6258-2024-23-2-40-49. (In Russ.).

20. Сологубова Н. А., Курицын А. В. Основные направления совершенствования формы № 2 «Отчёт о прибылях и убытках» с целью повышения её качественных характеристик // Экономика и эффективность организации производства. – 2010. – № 12. – С. 208–211. – EDN: TWUMSD.
21. Давыдова О. А., Румянцева А. Ю. Специфика отражения влияния пандемии в бухгалтерском учете и финансовой отчетности организаций // Экономика и управление. – 2020. – Т. 26. – № 7 (177). – С. 766–774. – DOI 10.35854/1998-1627-2020-7-766-774. – Текст: электронный.
22. Лазарева Н. А., Марьяненко В. П., Федоров В. А. Особенности формирования финансовой стратегии компании на основе прогнозного баланса в условиях дисконтирования денежных потоков и изменения ключевой ставки Центрального банка Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 5. – № 6 (147). – С. 315–326. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.05.042. – Текст: электронный.

20. Sologubova N. A., Kuritsyn A. V. Main Directions of Improvement of Form No. 2 «Profit and Loss Statement» in Order to Increase its Qualitative Characteristics. *Ehkonomika i ehffektivnost' organizacii proizvodstva*. 2010. No. 12. pp. 208–211. EDN: TWUMSD. (In Russ.).
21. Davydova O. A., Rumyantseva A. Yu. Specifics of Reflecting the Impact of the Pandemic in the Accounting and Financial Reporting of Organizations. *Ekonomika i upravlenie*. 2020. Vol. 26. No. 7 (177). pp. 766–774. DOI 10.35854/1998-1627-2020-7-766-774. (In Russ.).
22. Lazareva N. A., Maryanenko V. P., Fedorov V. A. Features of the Formation of the Company's Financial Strategy Based on the Forecast Balance in the Context of Discounting Cash Flows and Changing the Key Rate of the Central Bank of the Russian Federation // *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2024. Vol. 5. No. 6 (147). pp. 315–326. DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.05.042. (In Russ.).

Кунин Владимир Александрович / Kunin Vladimir A.
доктор экономических наук, профессор / D.Sc, Professor
профессор кафедры международных финансов и бухгалтерского учета / Professor of Department of International Finance and Accounting
частное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики» / Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics
Санкт-Петербург, Лермонтовский пр, д. 44, лит. А
E-mail: v.kunin50@yandex.ru

Лазарева Наталья Алексеевна / Lazareva Natalya A.
кандидат экономических наук, доцент / PhD, Associate Professor
доцент кафедры международных финансов и бухгалтерского учета / Associate Professor of Department of International Finance and Accounting
частное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики» / Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics
Санкт-Петербург, Лермонтовский пр, д. 44, лит. А
доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита / Associate Professor of Department of Accounting and Auditing
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» / St. Petersburg State Marine Technical University (SMTU)
E-mail: nataly.lazarev.1972@mail.ru

Статья поступила в редакцию 09.03.2026; одобрена после рецензирования 27.05.2026; принята к публикации 24.06.2026.
The article was submitted 09.03.2026; approved after reviewing 27.05.2026; accepted for publication 24.06.2026.

Научная статья
УДК 338.2
DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-43-57

ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СТАРТАПОВ В СФЕРЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Сергей Анатольевич Савченков[1], Анастасия Михайловна Черкасская[2], Елизавета Романовна Юдинцева[3]✉

[1,2,3]Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
[1]savchenkov.tlc@bk.ru, https://orcid.org/0000-0002-6375-9677
[2]nastya.cherkass@gmail.com
[3]elizavetayudintseva@gmail.com✉
Язык статьи – русский

Аннотация: В статье дана оценка проблемы жизнеспособности биотехнологических стартапов в условиях высокой неопределенности, длительных циклов разработки (10–15 лет) и значительных финансовых рисков. Целью исследования является разработка способа оценки жизнеспособности биотехнологических стартапов с помощью системы, включающую метод Каплана-Мейера и логистической регрессии, для прогнозирования их устойчивости с целью повышения обоснованности инвестиционных решений венчурных фондов, операторов программ развития и поддержки технологического предпринимательства, предпринимателей, научных учреждений и университетов. Материалами служили данные биотехнологических стартапов из открытых баз данных, включающие детальные показатели финансирования, характеристики команды, информацию об уровне образования основателей и их научной деятельности, а также другие особенности реализуемых проектов. Применен непараметрический метод Каплана-Мейера для построения эмпирической кривой выживаемости и логистическая регрессия для анализа влияния внутренних и внешних факторов. Комплексное применение методов позволяет прогнозировать жизнеспособность проектов одновременно учитывая и временной показатель, и факторный, что делает анализ более репрезентативным. Установлено, что устойчивость стартапов определяется внутренними факторами: объёмом инвестиций, оптимальным размером команды и техническим профилем образования руководителя, при этом внешние макроэкономические условия играют незначительную роль. Выявлены ключевые репрезентативные показатели жизнеспособности для практического применения в инвестиционной практике. Направления дальнейших исследований включают расширение выборки за счёт анализа большего количества биотехнологических стартапов из открытых баз, учёт дополнительных качественных характеристик, долгосрочный анализ динамики факторов выживаемости на различных этапах жизненного цикла проектов, а также разработку адаптивных прогностических моделей, интегрирующих машинное обучение для различных сегментов биотехнологического рынка.

Ключевые слова: анализ выживаемости, биотехнологические стартапы, венчурные инвестиции, жизнеспособность проектов, инвестиции, логистическая регрессия, метод Каплана–Мейера, объем финансирования, прогностическая модель

Ссылка для цитирования: Савченков С. А., Черкасская А. М., Юдинцева Е. Р. Оценка жизнеспособности стартапов в сфере биотехнологий // Экономика. Право. Инновации. – 2026. – Т. 14.– № 2.– С. 43–57. – DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-43-57.

ASSESSING THE VIABILITY OF BIOTECHNOLOGY STARTUPS

Sergey A. Savchenkov[1], Anastasia M. Cherkasskaya[2], Elizaveta R. Yudintseva[3]✉

[1,2,3]ITMO University, Saint-Petersburg, Russia
[1]savchenkov.tlc@bk.ru, https://orcid.org/0000-0002-6375-9677
[2]nastya.cherkass@gmail.com
[3]elizavetayudintseva@gmail.com✉
Article in Russian

Abstract: The study assesses the viability of biotechnology start-ups in conditions of high uncertainty, long development cycles (10–15 years) and significant financial risks. The aim of the study is to develop a way to assess the viability of biotech startups using a system consisting of Kaplan-Meyer methods and logistic regression to predict their sustainability in order to increase the validity of investment decisions by venture funds, operators of programs for the development and support of technological entrepreneurship, entrepreneurs, scientific institutions and universities. The materials used

were data on biotechnology start-ups from open databases, including detailed financing indicators, team characteristics, information on the founders' level of education and scientific activities, as well as other features of the projects being implemented. The integrated application of these methods makes it possible to predict the viability of projects while simultaneously accounting for both the time and factor variables, which makes the analysis more representative. It was found that the sustainability of startups is determined by internal factors: the volume of investment, the optimal team size, and the technical profile of the manager's education, while external macroeconomic conditions play an insignificant role. Key representative indicators of viability for practical application in investment practice were identified. Areas for further research include expanding the sample by analyzing a larger number of biotech start-ups from open databases, considering additional qualitative characteristics, long-term analysis of the dynamics of survival factors at various stages of the project lifecycle, and the development of adaptive predictive models that integrate machine learning for various segments of the biotechnology market.

Keywords: survival analysis, biotech startups, venture capital investments, project viability, investments, logistic regression, Kaplan-Meier method, funding volume, predictive model

For citation: Savchenkov S. A., Cherkasskaya A. M., Yudintseva E. R. Assessing the Viability of Biotechnology Startups. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2026. Vol. 14. No. 2. pp. 43–57. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-43-57.

Введение. Биотехнологическая отрасль является ключевым драйвером инновационной экономики. Она обеспечивает создание прорывных решений в сфере здравоохранения на основе интеграции передовых биотехнологий и современных информационных баз данных [1]. Это обуславливает существенную значимость отрасли для обеспечения развития систем здравоохранения и промышленного производства [2]. Одновременно она сталкивается с высокими рисками при коммерциализации, так как результат научных разработок нельзя быстро вывести на рынок из-за длинных циклов испытаний, строгих регуляторных требований и значительных затрат, что делает такие проекты менее привлекательными для инвесторов.

Актуальность исследования обусловлена рядом специфических факторов:

– длительные сроки разработки и клинических испытаний – от 10 до 15 лет [3];

– необходимость крупных инвестиций на ранних стадиях при отсутствии дохода [4, 5];

– регуляторные барьеры и значительные финансовые потери из-за ошибок в исследованиях [6].

Существующие финансовые методы не всегда позволяют учесть временную динамику выживаемости стартапов [7]. Поэтому в данной работе применяется система, включающая метод Каплана-Мейера, позволяющий оценить долю активных компаний на любом временном горизонте, и логистическую регрессию, которая используется для количественной оценки влияния факторов на вероятность выживания стартапов. Комплексный подход, объединяющий два статистических метода, представляет научную новизну исследования. В отличие от работ, в которых описан только метод Каплана-Мейера для визуализации временной динамики рисков или только логистическая регрессия для предсказания бинарных исходов, разработанная авторами система дает как временную картину изменения рисков, так и факторную, что увеличивает точность прогнозов, создает целостное представление о критериях их жизнеспособности и делает анализ более показательным.

Исследовательская проблема. Биотехнологические стартапы работают в условиях высокой неопределённости: длительные циклы разработки (10–15 лет), жёсткие регуляторные требования (одобрение FDA/EMA) и необходимость крупных инвестиций при отсутствии выручки. Пока не разработаны методы, позволяющие оценивать вероятность выживания биотехнологических стартапов с учётом длительного жизненного цикла и цензурированных наблюдений.

Целью исследования является разработка системы оценки выживаемости стартапов с помощью метода Каплана-Мейера и логистической регрессии и дальнейшего прогнозирования их устойчивости для повышения обоснованности распределения ресурсов и инвестиционных решений венчурных фондов, операторов программ развития и поддержки технологического предпринимательства, предпринимателей, научных учреждений и университетов.

Литературный обзор. Оценка Каплана-Мейера используется для построения кривых выживаемости, а для анализа влияния

показателей применяется логистическая регрессия [8].

В исследованиях [8] оценивается эффективность различных моделей анализа выживаемости, в том числе метод Каплана-Мейера. Кривая Каплана-Мейера показывает изменение риска неудачи со временем, позволяя визуализировать динамику выживаемости и выявлять периоды повышенного риска.

В статье [9] исследуется выживаемость узкого направления, а именно, биотехнологических стартапов, выбор сферы обоснован ее актуальностью в современном мире. Более того, выбор конкретного направления позволяет сужать выборку стартапов и делать предположения методов точнее. Стартапы стимулируют экономику, создают рабочие места и способствуют общему улучшению системы социального обеспечения, а биотехнологические стартапы отвечают за развитие важной сферы здравоохранения.

Сектор биотехнологий демонстрирует устойчивый рост и является драйвером инноваций в здравоохранении. Согласно [10], глобальный рынок биотехнологий ожидает значительный совокупный среднегодовой темп роста (CAGR) 13,6% до 2034 года. Однако несмотря на подобный перспективный прогноз, стартапы сталкиваются с трудностями из-за нехватки ресурсов. В последние годы инновации всё чаще направлены на устойчивое развитие, а появление «зеленой экономики» становится ответом на экономический кризис. Результаты исследования [10] подтверждают, что стартапы, переориентированные на экологичность, как правило, живут дольше. Это же подтверждено исследователями [9], которые указывают на положительную корреляцию между долголетием организации и её экологической устойчивостью.

Для оценки факторов, определяющих время выживания компании, используется анализ выживаемости с применением кривых Каплана-Мейера. Он наглядно подтверждает, что «зелёные стартапы» [11] демонстрируют значительно лучшие показатели выживаемости, что позволяет сделать вывод о положительном влиянии экологической устойчивости на жизнеспособность инновационных компаний.

Однако стоит отметить и обратную сторону инновационных стартапов: они чаще сталкиваются с более высоким риском неудачи по сравнению с неинновационными фирмами [12]. Под инновационными стартапами понимаются компании, разрабатывающие принципиально новые продукты, технологии или модели, не имеющие прямых аналогов на рынке, что подтверждается наличием интеллектуальной собственности (далее – ИС). Напротив, неинновационные стартапы применяют уже известные технологические решения в новых сочетаниях или на новых рынках без существенной технологической новизны. Инновационные компании имеют более короткий жизненный цикл, особенно в условиях ограниченных ресурсов и высокой конкуренции. Инновационность увеличивает риск ранней неудачи, но для выживших фирм она обеспечивает рост в долгосрочной перспективе. Данный парадокс особенно актуален для биотехнологических стартапов, которые проходят 10–19-летний цикл разработки от концептуализации идеи через доказательство концепции, клинические испытания различных фаз, регуляторное одобрение (FDA/EMA) и достижение статуса стандарта в клинической практике [13]. На каждом переходе между стадиями стартапы сталкиваются с различными видами барьеров, тем самым проходя полный путь от медицинской проблемы к признанному стандарту лечения.

Одновременно с этим инновационный характер биотехнологических компаний привлекает инвестиции в начале, но впоследствии эти компании испытывают сокращение венчурного финансирования – критический период между ранними стадиями разработки и началом клинических испытаний, когда требуются огромные капитальные вложения, но источники финансирования становятся менее доступными. Таким образом, выживание биотехнологических стартапов зависит не только от технической инновации и научного превосходства, но и от способности привлечь финансирование, которым они смогут эффективно управлять, поддерживая себя на критических переходных этапах разработки.

Исследователи в сфере выживаемости стартапов [14] оценивают взаимодополняемость стратегий финансирования и качеств основателей, и анализ показывает: успех стартапа зависит от сочетания человеческого капитала и типа финансирования.

Государственные инвестиции увеличивают риск неудачи в 3,6 раза, тогда как частные инвесторы и долговое финансирование снижают риск на 71% и 86% соответственно. Образование и отраслевой опыт основателей уменьшают риск, а сотрудничество с университетами и компаниями повышает шансы на успех.

Кроме факторов финансирования, человеческого капитала и экологичности на стартап влияет унаследованная от родителей предпринимательская практика (далее – ПП). В [15] анализируются различия между семейными и несемейными компаниями, а также влияние ПП в малых и больших регионах. На примере шведских стартапов 2002–2012 годов показано, что ПП положительно влияет на выживаемость, семейные стартапы демонстрируют более высокие показатели устойчивости: к концу наблюдаемого периода выжили 46% семейных против 18% несемейных компаний. Наибольший эффект ПП наблюдается в сельских регионах, где социальные и семейные связи глубже. Более того, современные исследователи подчеркивают, что традиционные финансовые методы оценки и кредитования, широко применяемые для компаний с предсказуемым денежным потоком и понятной стоимостью активов, зачастую оказываются неприменимы к биотехнологическим стартапам. Анализ [16] показывает, что использование стандартных кредитных моделей (ориентированных на выручку, бизнес-стаж и ликвидные активы) приводит к отказу в финансировании или неадекватным условиям даже для успешных команд с сильной научной базой. В результате такие стартапы сталкиваются с ненужными задержками и дополнительными рисками, что подчеркивает необходимость принципиально иных подходов к оценке риска и жизненного цикла биотехнологических предприятий.

Исследование [17] систематизирует критерии неуспешных стартапов. В результате анализа выявлены 13 ключевых факторов неудачи, среди которых пять наиболее распространённых:

1. Отсутствие денег на дальнейшее развитие – 34%.

2. Отсутствие рыночной потребности в продукте – 28%.

3. Отсутствие инвесторов – 16%.

4. Проблемы с ценообразованием и затратами – 16%.

5. Неэффективная команда – 14%.

Что касается сферы биотехнологических стартапов, проводилось исследование, основанное на анализе данных шестидесяти биотехнологических стартапов, вышедших на первое публичное предложение (IPO) в первом и втором кварталах 2021 года [18]. Было установлено, что опыт руководства, клинические испытания, ИС, объем частного финансирования и время до IPO являются ключевыми факторами для биотехнологических компаний. Большинство директоров имело степень выше бакалавра, основатели чаще имели академический опыт и были главными исследователями лабораторий, где возникли технологии стартапа. 70% компаний имели хотя бы одно активное клиническое исследование к моменту IPO. Компании, обладающие большим количеством патентов и товарных знаков, имели более высокие оценки при IPO. Исходя из полученной информации, основное направление исследования заключается в комплексном анализе различных показателей с последующим определением наиболее значимых из них для формулирования надёжных выводов о выживаемости проектов.

В исследовании не учитываются отдельные факторы, которые не оказывают существенного влияния на изучаемый процесс. Количественный анализ исследования рынка показал, что реальный валовой внутренний продукт (ВВП), процентные ставки, число акселераторов и инкубаторов, географическое положение и отраслевая принадлежность не оказывают причинно-следственного влияния на показатели выживаемости стартапов [16]. Регрессионный анализ не выявил статистически значимой связи между динамикой ВВП и выживаемостью, что соответствует результатам об относительной стабильности выживаемости независимо от внешних макроэкономических условий.

Для комплексной оценки потенциала нового проекта уже существуют системы, например, G-STEP. Модель G-STEP оценивает стартап по шести параметрам: финансовый риск, окупаемость капитала, стратегия выхода, создание рабочих мест, вклад в экономический рост и экологическая устойчи-

вость и обеспечивает согласованную оценку его жизнеспособности. Однако данная система не учитывает временной показатель и является описательной, что затрудняет ее практическое применение. Это было учтено при разработке комплексного способа оценки выживаемости стартапов с помощью метода Каплана-Мейера и логистической регрессии.

Обзор исследований доказывает обоснованность выбранных для анализа выживаемости биотехнологических стартапов методов. Такие показатели, как опыт руководства, клинические испытания, ИС, объем частного финансирования являются информативными для анализа, а критерии объема ВВП, числа акселераторов, процентных ставок исключаются из анализа, так как они не оказывают влияния на жизнеспособность проектов.

Практическая значимость исследования заключается не только в подтверждении известных факторов успеха, но и в предоставлении количественных метрик и пороговых значений, которые могут непосредственно использоваться венчурными фондами, предпринимателями, научными учреждениями и операторами программ развития и поддержки технологического предпринимательства при оценке жизнеспособности биотехнологических стартапов. Данный подход трансформирует существующие рекомендации литературы в инструментарий для принятия инвестиционных решений.

Методы исследования заключались в анализе жизнеспособности двадцати биотехнологических стартапов на основании информации из общедоступных данных [1] с использованием комплекса, состоящего из методов Каплана-Мейера и логистической регрессии.

Для каждого стартапа авторами были собраны следующие показатели:

– временные переменные: год открытия, год закрытия (для закрытых компаний), статус на 2025 год (активен/закрыт);

– финансовые показатели: объем привлеченных инвестиций (в млн долл. США);

– характеристики команды: количество сотрудников в основной команде, образовательный профиль руководителя (техническое, медицинское, гуманитарное, другое);

– научный потенциал: количество научных публикаций руководителя;

– географический фактор: локация компании.

Для анализа материалов использовался статистический метод Каплана-Мейера (непараметрический анализ выживаемости). Этот метод был выбран для построения эмпирических функций выживаемости. Для построения графика считалась доля стартапов, переживших момент закрытия на определенный год (с 2014 по 2024 годы), по формуле 1:

$$S_i = \frac{N_i - k_i}{N_i} \ , \qquad (1)$$

где S_i – доля стартапов, переживших момент закрытия на i-ый год; N_i – количество выживших стартапов на момент i-го года; k_i –количество закрывшихся стартапов в i-ый год.

Далее считалась выживаемость (для 2014 года выживаемость = доле стартапов переживших момент на 2014 год), для следующих годов выживаемость считалась по формуле 2:

$$P_{i-1} = S_{i-1} * P_i \ , \qquad (2)$$

где P_i – выживаемость в i-ый год; P_{i-1} – выживаемость в $(i-1)$-ый год; S_{i-1} – доля стартапов, переживших момент закрытия на $(i-1)$-ый год.

Логистическая регрессия была применена как предиктивная модель для анализа бинарных исходов (выживание/закрытие). Для построения графиков логистической регрессии сначала были визуализированы показатели «локация» и «профиль образования руководителя». Это категориальные показатели, поэтому текст был преобразован в числовой формат методом дамми-кодирования [19]: для каждой категории («Локация» и «Профиль образования руководителя») были созданы отдельные бинарные столбцы, где значение «1» обозначало принадлежность к определенной подкатегории (определенная страна или определенный профиль образования), а «0» – ее отсутствие (см. рисунок 1). Такой подход позволил корректно использовать качественные переменные в статистической модели без искажения их смысла и обеспечил возможность количественного анализа вероятностей.

Название компании	США	Китай	Франция	Великобритания	Нидерланды
Scifi Foods	1	0	0	0	0
54gene	1	0	0	0	0
Miroculus	1	0	0	0	0
Hound Labs	1	0	0	0	0
Biotheus	0	1	0	0	0
Adcytherix	0	0	1	0	0
Kailera Therapeutics	1	0	0	0	0
NILO Therapeutics	1	0	0	0	0
Expedition Therapeutics	1	0	0	0	0
Trogenix	0	0	0	1	0
Orbital Therapeutics	1	0	0	0	0
Odyssey Therapeutics	1	0	0	0	0
Colossal Biosciences	1	0	0	0	0
ASP Isotopes	1	0	0	0	0
Revyve	0	0	0	0	1
Jasper Therapeutics	1	0	0	0	0
Grail	1	0	0	0	0
Neuralink	1	0	0	0	0
Femasys	1	0	0	0	0
BioAffinity Technologies	1	0	0	0	0

Рисунок 1 – Пример дамми-кодирования для категории «Локация»
Источник: подготовлено авторами

Расчет коэффициентов логистической регрессии производился с помощью расширения XLMiner Analysis ToolPak, в качестве зависимой переменной использовался бинарный признак выживаемости (1 – активен, 0 – закрыт).

Далее были рассчитаны вероятности выживания для каждого стартапа [20] относительно показателей «Локация» и «Профиль образования руководителя» по формуле 3:

$$p\ (x_{\text{i}}) = \frac{1}{1 + e\ -(\beta_0 + \beta_x * x_i)}\ , \qquad (3)$$

где $p\ (x_i)$ – предсказанная вероятность выживания стартапа по конкретному признаку x_i; β_0 – константа логистической регрессии; β_x – коэффициент логистической регрессии для определенного признака x (например, для признака «объем инвестиций» и т. д.); x_i – конкретное значение признака; e – основание натурального логарифма (≈ 2,72).

Графики строились как зависимость вероятности (P) от значения показателя; положительный β_x => положительное влияние; вероятности выживания и константы логистической регрессии для каждого показателя приведены в таблицах 1–5.

Таблица 1

Вероятности выживания и константы логистической регрессии для показателя «Страна происхождения»

Источник: составлена авторами

Локация	P	β_x – коэффициент логистической регрессии
США	0,99	61,45
Франция	0,99	80,91
Великобритания	0,99	80,91
Нидерланды	0,99	80,91

$\beta_0 = -60{,}35$

Таблица 2

Вероятности выживания и константы логистической регрессии для показателя «Профиль образования руководителя»

Источник: составлена авторами

Профиль образования	*P*	β_x – коэффициент логистической регрессии
Юриспруденция	0,67	91,12
Биология	0,70	91,27
Медицина	0,67	91,12
Инженерия	0,99	110,99

$\beta_0 = -90{,}42$

Таблица 3

Вероятности выживания и константы логистической регрессии для показателя «Количество сотрудников в команде»

Источник: составлена авторами

Название компании	Количество сотрудников	*P*
Scifi Foods	50	0,33
54gene	50	0,33
Miroculus	50	0,33
Hound Labs	100	0,18
Biotheus	200	0,04
Adcytherix	50	0,33
Kailera Therapeutics	200	0,04
NILO Therapeutics	50	0,33
Expedition Therapeutics	10	0,48
Trogenix	10	0,48
Orbital Therapeutics	50	0,33
Odyssey Therapeutics	100	0,18
Colossal Biosciences	250	0,02
ASP Isotopes	250	0,02
Revyve	50	0,33
Jasper Therapeutics	100	0,18
Grail	1000	0,00
Neuralink	500	0,00
Femasys	50	0,33
BioAffinity Technologies	100	0,18

$\beta_0 = 0{,}08;\ \beta_x = -0{,}02$

Таблица 4

Вероятности выживания и константы логистической регрессии для показателя «Объем инвестиций»

Источник: составлена авторами

Название компании	Объем инвестиций, млн долл.	*P*
Scifi Foods	39	0,65
54gene	95	0,80
Miroculus	65	0,73
Hound Labs	130	0,87
Biotheus	145	0,89
Adcytherix	135	0,88
Kailera Therapeutics	1000	0,99
NILO Therapeutics	110	0,84
Expedition Therapeutics	165	0,92
Trogenix	85	0,78
Orbital Therapeutics	27	0,61
Odyssey Therapeutics	700	0,99
Colossal Biosciences	568	0,99
ASP Isotopes	372	0,99
Revyve	33	0,63
Jasper Therapeutics	319	0,99
Grail	2115	1
Neuralink	1335	0,99
Femasys	83	0,78
BioAffinity Technologies	44	0,67

$\beta_0 = 0{,}08$; $\beta_x = 0{,}01$

Таблица 5

Вероятности выживания и константы логистической регрессии для показателя «Количество научных работ руководителя»

Источник: составлена авторами

Название компании	Количество научных статей руководителя	*P*
Scifi Foods	42	0,36
54gene	4	0,50
Miroculus	1	0,52
Hound Labs	5	0,50

Название компании	Количество научных статей руководителя	*P*
Biotheus	8	0,49
Adcytherix	3	0,50
Kailera Therapeutics	5	0,50
NILO Therapeutics	181	0,06
Expedition Therapeutics	1	0,52
Trogenix	163	0,07
Orbital Therapeutics	8	0,49
Odyssey Therapeutics	1	0,52
Colossal Biosciences	37	0,38
ASP Isotopes	2	0,51
Revyve	3	0,51
Jasper Therapeutics	0	0,52
Grail	57	0,30
Neuralink	48	0,34
Femasys	4	0,50
BioAffinity Technologies	30	0,40

$\beta_0 = 0,08$; $\beta_x = 0,01$

Результаты исследования. Первый метод исследования – кривая Каплана-Мейера – демонстрирует, что основная доля закрытий приходится на первые годы функционирования стартапов, тогда как для проектов, преодолевших этот критический период, вероятность дальнейшего выживания значительно выше.

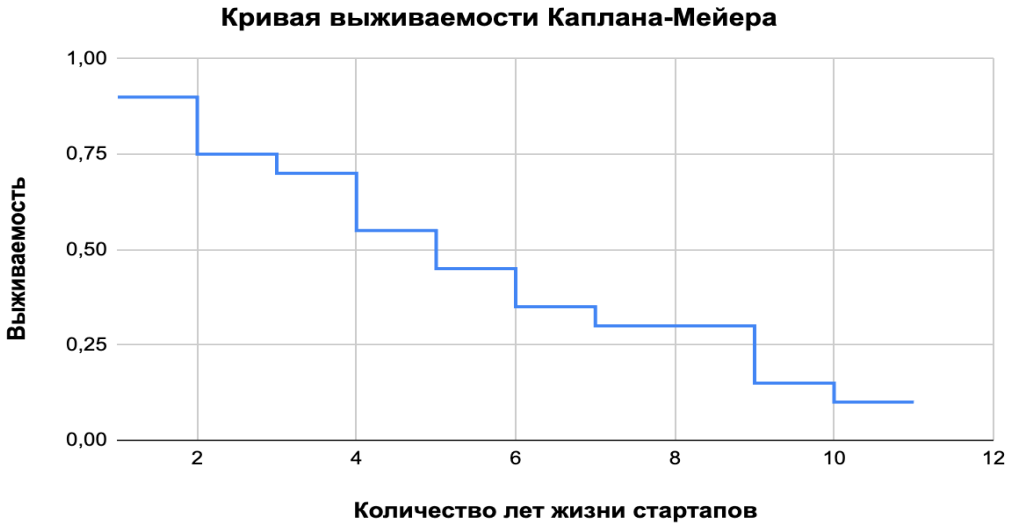

Рисунок 2 – Кривая выживаемости Каплана-Мейера
Источник: подготовлен авторами

По второму методу – логистической регрессии – для наглядного представления полученных результатов были построены и проанализированы диаграммы. Вероятность выживания стартапов достаточно однородна между странами (кроме США), но значения выживаемости находятся близко друг к другу, поэтому точных выводов по наилучшей локации для продолжительности жизни проекта сделать нельзя. Признак «локация» является недостаточно информативным для анализа выживаемости (рисунки 3, 4).

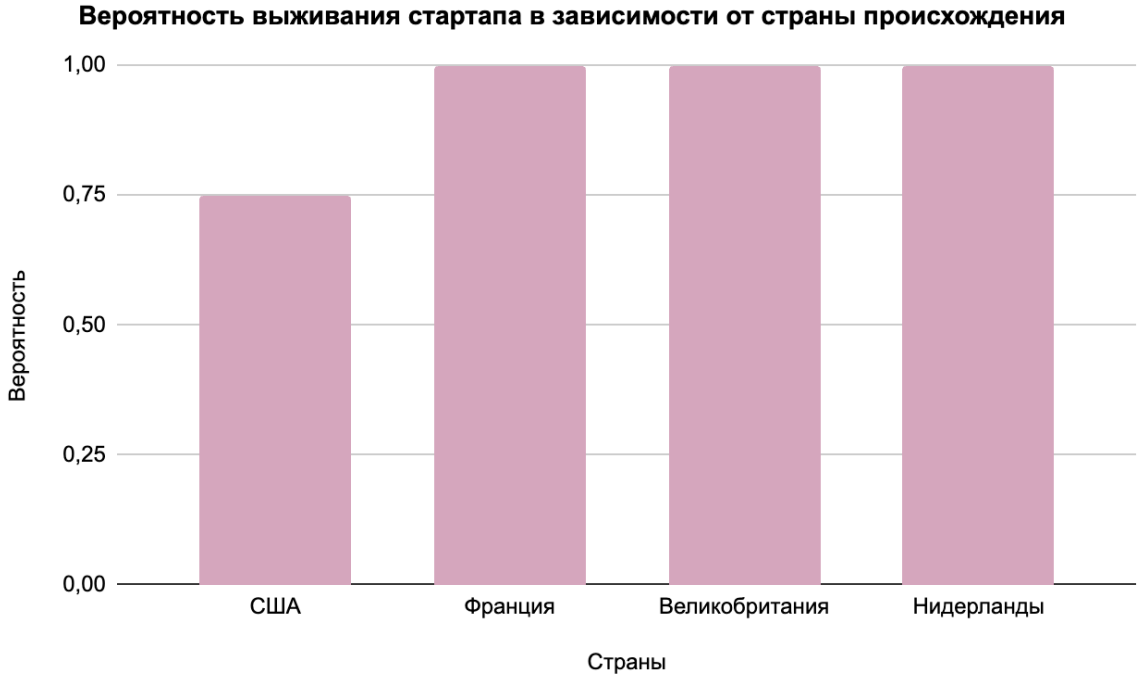

Рисунок 3 – Вероятность выживания стартапов в зависимости от страны происхождения
Источник: подготовлено авторами

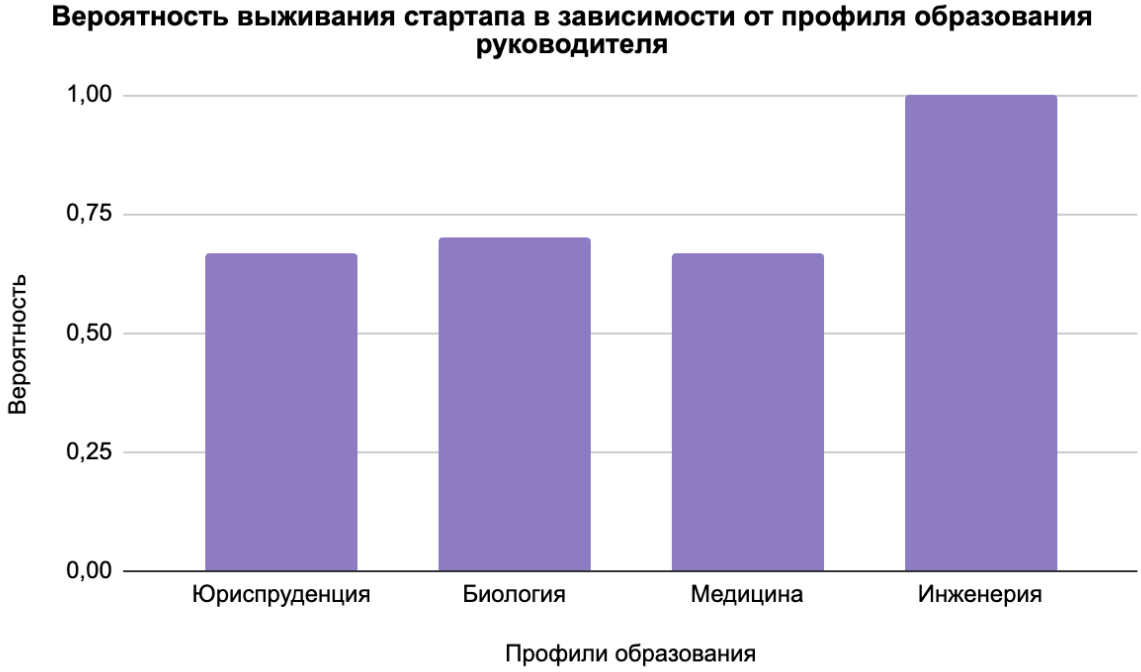

Рисунок 4 – Вероятность выживания стартапов в зависимости от профиля образования руководителя
Источник: подготовлено авторами

Образовательный профиль руководителя также влияет на выживаемость: стартапы под руководством инженеров демонстрируют наибольшую вероятность выживания, подтверждая важность технической компетенции для развития инновационных проектов.

Далее анализировались количественные признаки «объем инвестиций», «количество сотрудников в команде» и «количество научных работ руководителя». Данные по этим трем признакам представлены в виде точечных графиков (рисунки 5–7).

График зависимости от объема инвестиций показывает, что при объеме инвестиций от 250 млн долл. выживаемость становится практически 100%, если же в проект вложено меньшее количество средств, то вероятность его выживания уменьшается.

По данным о количестве сотрудников в команде заметно, что увеличение людей в штабе ведет к сильному снижению вероятности выживания. Закономерность логична: чем больше людей, тем больше денежных средств и ресурсов потребуется для управления стартапом.

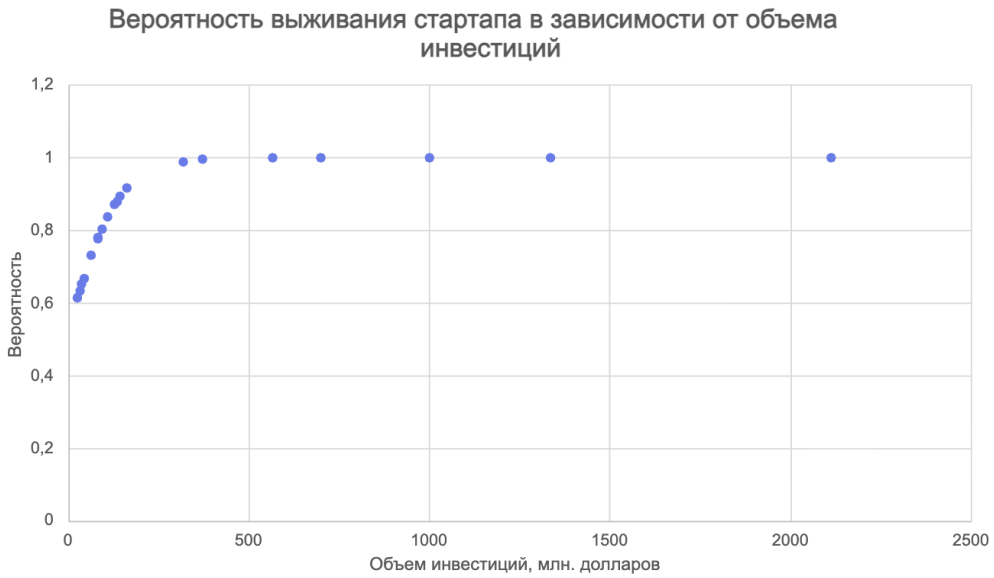

Рисунок 5 – Вероятность выживания стартапов в зависимости от объема инвестиций
Источник: подготовлено авторами

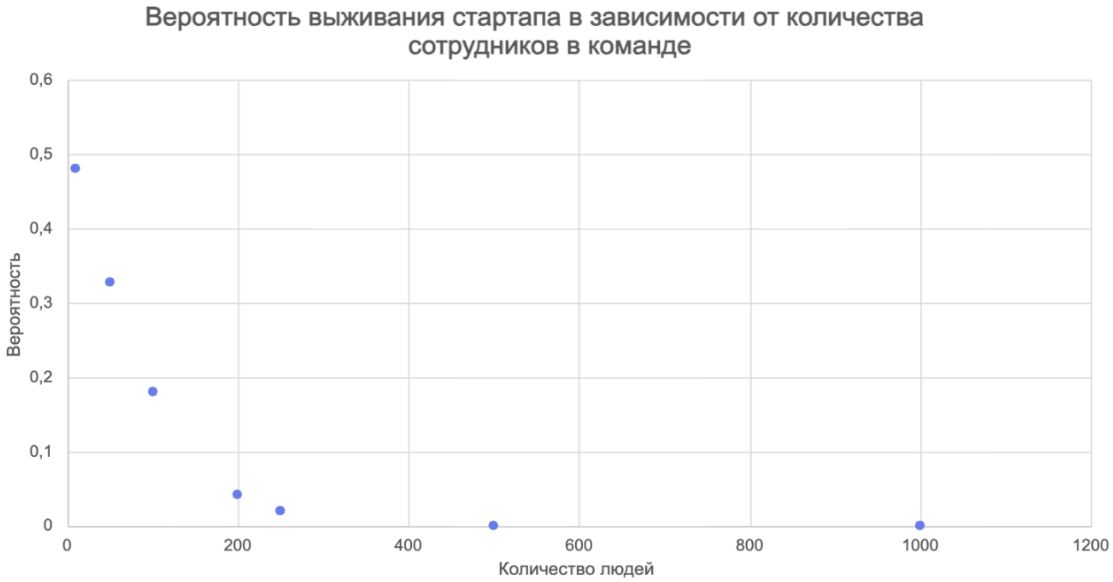

Рисунок 6 – Вероятность выживания стартапов в зависимости от количества сотрудников в команде
Источник: подготовлено авторами

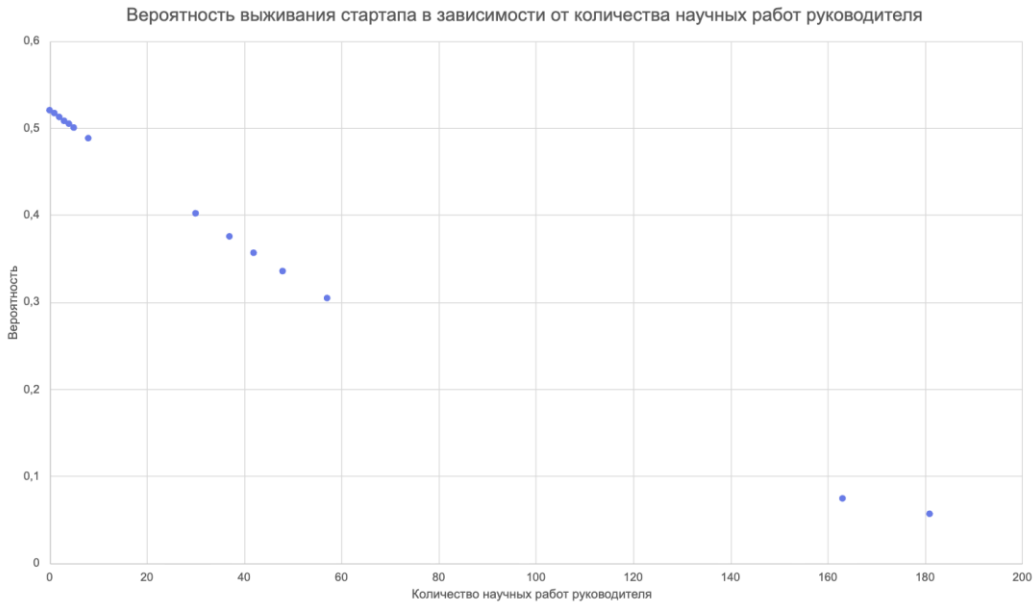

Рисунок 7 – Вероятность выживания стартапов в зависимости от количества научных работ руководителя
Источник: подготовлено авторами

Динамика снижения выживаемости при росте количества научных работ руководителя объясняется тем, что при загруженности научной работой у него высвобождается меньше времени на развитие стартапа.

Полученные результаты подтверждают, что устойчивость стартапов формируется под влиянием различных количественных и качественных факторов, и их воздействие носит нелинейный характер.

Однако не все показатели стали информативными в оценке выживаемости. «Объем инвестиций» и «Количество сотрудников в команде» репрезентативны, а показатели «Количество научных работ руководителя» и «Географическое положение» не несут точной информации и не являются репрезентативным признаком для оценивания долголетия проекта, по которому можно судить о выживаемости стартапа. Признак «Профиль образования руководителя» показывает следующую закономерность: у руководителей с техническим образованием существование стартапов более продолжительно.

Кривая Каплана-Мейера выявила, что 60% стартапов закрываются в период от 2 до 5 лет жизни. В этом же периоде логистическая регрессия показывает, что стартапы с инвестициями ≥250 млн долл. имеют вероятность выживания 99%, тогда как проекты с объемом <100 млн долл. имеют вероятность менее 65%. Данная система методов позволяет практикам оценить не только временную уязвимость проекта, но и факторную устойчивость к этой уязвимости.

Логистическая регрессия предсказывает исходы, выявленные методом Каплана-Мейера, помогая при этом учитывать менее предсказуемые факторы. На практике данные показывают, что финансирование в объеме ≥250 млн долл. существенно улучшает шансы преодоления фазы 2–5 лет, обеспечивая стабилизацию выживаемости на высоком уровне (95–99%). Напротив, даже при позитивных прогнозах ранних периодов (годы 1–2) неграмотно управляемый рост численности команды при одновременной высокой вовлеченности руководителя в научную деятельность коррелирует с низкими вероятностями выживания (P=0,02–0,04 для команд >200 человек).

Выводы. Таким образом, комплексная методология предоставляет новый инструмент для одновременной оценки временных рисков и факторных детерминант выживаемости, позволяя инвесторам и операторам программ обоснованно распределять ресурсы на критических этапах развития проектов.

Доказано, что на устойчивость биотехнологических стартапов влияет совокупное действие факторов, а также временной показатель. Уникальность разработанного метода

заключается в одновременном выявлении критических периодов жизненного цикла и количественного влияния каждого фактора. Применение комплексного подхода, объединяющего методы Каплана-Мейера и логистической регрессии, позволило выявить, что выживаемость определяется в основном внутренними микроуровневыми факторами (ресурсы, компетенции команды, объём финансирования), в то время как внешние условия играют незначительную роль, что доказывает гипотезу, выдвинутую в исследовании [16].

В результате анализа определены следующие ключевые репрезентативные для жизнеспособности проектов показатели:

– объем инвестиций;

– количество сотрудников в команде;

– профиль образования руководителя.

Рекомендации для практики. Разработанная комплексная методология оценки жизнеспособности биотехнологических стартапов имеет практическое применение для широкого круга заинтересованных сторон.

Единый алгоритм применения метода:

1) сбор ключевых данных о стартапах: объемы инвестиций, количество сотрудников в командах, информация об образовании руководителей проектов, даты начала проектов;

2) применение модели логистической регрессии для расчета влияния каждого показателя на вероятность выживания стартапа;

3) использование метода Каплана-Мейера для определения самых рисковых проектов в данный период времени, учитывая, что наибольший риск закрытия биотехнологических стартапов – 2–5 годы жизни;

4) приоритизирование проектов с целью выбора наиболее жизнеспособных, опираясь на полученные данные.

Применение данного алгоритма позволит разным целевым аудиториям оптимизировать свою деятельность. Венчурные инвесторы, инвестиционные фонды, а также операторы программ развития и поддержки технологического предпринимательства могут использовать методологию для приоритизации инвестиционного портфеля, оптимизации распределения ресурсов поддержки, что повысит эффективность их деятельности. Для предпринимателей этот метод продемонстрирует практическую результативность с точки зрения самодиагностики и стратегического планирования за счет выявления точек роста своих проектов.

Научные учреждения и университеты окажут биотехнологическим стартапам своевременную специализированную поддержку, в том числе предоставят доступ к лабораторным ресурсам и оборудованию, а также внедрят метод оценки выживаемости для выявления уязвимых этапов в развитии проектов.

Декларация о применении ИИ. В процессе подготовки данной статьи технологии искусственного интеллекта (нейросеть Perplexity) использовались в качестве вспомогательного инструмента для поиска части источников по теме исследования. Все источники, подобранные нейросетью, были проверены, авторами осуществлялась самостоятельная оценка достоверности и актуальности данных.

Список источников

1. CrunchBase – база данных стартапов и компаний // CrunchBase [Электронный ресурс]. – URL: https://www.crunchbase.com/home (дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).

2. Биотехнологический ландшафт в 2025 году и далее: находится ли восстановление в процессе создания? // Ernst&Young. 2025 [Электронный ресурс]. – URL: dcatvci.org/features/(дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).

3. Почему разработка лекарств занимает десятилетия: процесс и вызовы // Intuition Labs. 2025 [Электронный ресурс]. – URL: intuition labs.ai/articles/drug-development-timeline-challenges (дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).

References

1. CrunchBase – Startup and Company Database. *CrunchBase* [Electronic resource]. URL: https://www.crunchbase.com/home (Accessed: 10.11.2025).

2. The Biotech Landscape in 2025 and Beyond: Is a Rebound in the Making or Not? *Ernst&Young*. 2025 [Electronic resource]. URL: dcatvci.org/features/ (Accessed: 10.11.2025).

3. Why Drug Development Takes Decades: Process & Challenges. *Intuition Labs*. 2025 [Electronic resource]. URL: intuitionlabs.ai/articles/drug-development-timeline-challenges (Accessed: 10.11.2025).

4. Показатели успешности одобрения лекарственных препаратов на основе целевых мишеней // PubMed Central. 2024 [Электронный ресурс]. – URL: pmc.ncbi.nlm.nih.gov (дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).
5. Затраты на разработку лекарств и интенсивность исследований и разработок // PubMed Central. 2025 [Электронный ресурс]. – URL: pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/ (дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).
6. Эльсаллаб М., Гилнер С., Буржуа Ф.Т. Сравнительный анализ клинических данных, представляемых в FDA и EMA для клеточных и генных терапий // JAMA Internal Medicine. – 2025. – № 185 (4). – С. 468–471. – DOI: 10.1001/jamainternmed.2024.7569. – Текст: электронный. (In Eng.).
7. Герасименко В. В., Куркова Д. Н., Симонов К. В., Троценко А. Н. Факторы рыночных провалов российских высокотехнологичных стартапов: анализ барьеров // Вестник МГУ. Серия 6. Экономика. – 2021. – № 6. – С. 1–25. – DOI: 10.38050/0130010520216.6. – Текст: электронный.
8. Ограничения моделей выживаемости в машинном обучении // Machine Learning Mastery. 2023 [Электронный ресурс]. – URL: machinelearningmastery.com/ (дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).
9. Создание биотехнологических стартапов: выгода дефицита // Life Sciences Venture Capital. 2025 [Электронный ресурс]. – URL: lifescivc.com/2025/04/biotech-venture-creation-the-benefits-of-scarcity/ (дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).
10. Серио и др. Зелёное производство как фактор выживаемости инновационных стартапов: свидетельства из Италии // Sustainability. – 2020. – Т. 12 (22). – С. 9464. – DOI: 10.3390/su12229464. – Текст: электронный. (In Eng.).
11. Ханер и др. Выживание самых зелёных: экологическая устойчивость и долголетие организаций // Frontiers in Organizational Psychology. – 2025. – Т. 15. – Ст. 1521537. – DOI: 10.3389/forgp.2025.1521537. – Текст: электронный. (In Eng.).
12. Кеф Д., Джонсон Д. К. Н. Выживаемость финансируемых стартапов: эконометрический анализ долголетия и успеха стартапов // Journal of Entrepreneurship and Management Innovations. – 2021. – Т. 17. – № 4. – С. 25–62. – DOI: 10.7341/20211704. – Текст: электронный. (In Eng.).
13. Адхей Е. К. Устойчивые стартапы: важность предпринимательского капитала // Journal of Small Business Management. – 2019. – Т. 57. – № 1. – С. 44–62. – DOI: 10.1080/21681376.2021.1927813. – Текст: электронный. (In Eng.).
14. Коташев К. Показатели отказа стартапов: статистика и анализ // Failory. 2022 [Электронный ресурс]. – URL: failory.com/blog/startup-failure-rate

4. Approval Success Rates of Drug Candidates Based on Target. *PubMed Central*. 2024 [Electronic resource]. URL: pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/ (Accessed: 10.11.2025).

5. Costs of Drug Development and Research and Development Intensity. *PubMed Central*. 2025 [Electronic resource]. URL: pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/ (Accessed: 10.11.2025).

6. Elsallab M, Gillner S, Bourgeois FT. Comparison of Clinical Evidence Submitted to the FDA and EMA for Cell and Gene Therapies. *JAMA Internal Medicine*. 2025. No. 185 (4). pp. 468–471. DOI: 10.1001/jamainternmed.2024.7569.

7. Gerasimenko V.V., Kurkova D.N., Simonov K.V., Trotsenko A.N. Factors of Market Failures of Russian High-Tech Startups: Analysis of Barriers. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika*. 2021. No. 6. pp. 1-25. DOI: 10.38050/0130010520216.6. (In Russ.).
8. Machine Learning Survival Models Restrictions. *Machine Learning Mastery*. 2023 [Electronic resource]. URL: machinelearningmastery.com/ (Accessed: 10.11.2025).

9. Biotech Venture Creation: The Benefits of Scarcity. *Life Sciences Venture Capital*. 2025 [Electronic resource]. URL: lifescivc.com/2025/04/biotech-venture-creation-the-benefits-of-scarcity/ (Accessed: 10.11.2025).

10. Serio et al. Green Production as a Factor of Survival for Innovative Startups: Evidence from Italy. *Sustainability*. 2020. Vol. 12 (22). P. 9464. DOI: 10.3390/su12229464.

11. Haner et al. Survival of the Greenest: Environmental Sustainability and Longevity of Organizations. *Frontiers in Organizational Psychology*. 2025. Vol. 15. Art. 1521537. DOI: 10.3389/forgp.2025.1521537.
12. Keogh D., Johnson D. K. N. Survival of the Funded: Econometric Analysis of Startup Longevity and Success. *Journal of Entrepreneurship and Management Innovations*. 2021. Vol. 17. No. 4. pp. 25-62. DOI: 10.7341/20211704.

13. Adjei E. K. Surviving Start-ups: The Importance of Entrepreneurial Capital. *Journal of Small Business Management*. 2019. Vol. 57. No. 1. pp. 44–62. DOI: 10.1080/21681376.2021.1927813.

14. Kotashev K. Indicators of Startup Failure: Statistics and Analysis. *Failory*. 2022 [Electronic

(дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).
15. Босио и др. Выживаемость фирм во время экономического кризиса // Journal of Business Economics and Management. – 2022. – Т. 23. – № 5. – С. 1211–1233. – DOI: 10.3846/jbem.2022.17875. – Текст: электронный. (In Eng.).
16. Что традиционные кредиторы неправильно понимают о биотехнологии / Excedr. 2025 [Электронный ресурс]. – URL: excedr.com/ (дата обращения:10.11.2025).–Текст: электронный.(In Eng.).
17. Систематический анализ биотехнологических стартапов, вышедших на IPO в первой половине 2021 года // BiopharmGuy. 2021 [Электронный ресурс]. – URL: biopharmguy.com (дата обращения:10.11.2025).–Текст: электронный.(In Eng.).
18. Гонзалез Г. Что такое факторы для выживания стартапа? // Informing Science Institute. – 2017. – Т. 1. – С. 97–114. – DOI: 10.28945/3845. – Текст: электронный. (In Eng.).
19. Гротенхуз М., Тихс П. Переменные-пустышки и их взаимодействия в регрессионном анализе: примеры исследований индекса массы тела // International Journal of Obesity. – 2016. – Т. 40. – № 1. – С. 12–18. (In Eng.).
20. Логистическая регрессия // British Medical Journal Statistics. 2011 [Электронный ресурс]. – URL: bmj.com/ (дата обращения: 10.11.2025). – Текст: электронный. (In Eng.).

resource]. URL: failory.com/blog/startup-failure-rate (Accessed: 10.11.2025).
15. Bosio et al. Survival of Firms during Economic Crisis. *Journal of Business Economics and Management*. 2022. Vol. 23. No. 5. pp. 1211–1233. DOI: 10.3846/jbem.2022.17875.

16. What Traditional Lenders Get Wrong About Biotech. *Excedr*. 2025 [Electronic resource]. URL: excedr.com/blog/what-traditional-lenders-get-wrong-about-biotech (Accessed: 10.11.2025).
17. A Systematic Analysis of Biotech Startups That Went Public in the First Half of 2021. *BiopharmGuy*. 2021 [Electronic resource]. URL: biopharmguy.com/ (Accessed: 10.11.2025).

18. Gonsalez G. What Factors Are Causal to Survival of a Startup? *Informing Science Institute*. 2017. Vol. 1. pp. 97–114. DOI: 10.28945/3845.

19. Grotenhuis M. T., Thijs P. Dummy Variables and Their Interactions in Regression Analysis: Examples from Research on Body Mass Index. *International Journal of Obesity*. 2016. Vol. 40. No. 1. pp. 12–18.

20. Logistic Regression. *British Medical Journal*. 2011 [Electronic resource]. URL: bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/statistics-square-one (Accessed: 10.11.2025).

Савченков Сергей Анатольевич / Savchenkov Sergey A.
кандидат технических наук / PhD
доцент Центра развития института интеллектуальной собственности / Associate Professor of the Center for Development of the Institute of Intellectual Property
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: savchenkov.tlc@bk.ru

Черкасская Анастасия Михайловна / Cherkasskaya Anastasia M.
магистрант / master student
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: nastya.cherkass@gmail.com

Юдинцева Елизавета Романовна / Yudintseva Elizaveta R.
магистрант / master student
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: elizavetayudintseva@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.12.2025; одобрена после рецензирования 02.03.2026; принята к публикации 24.06.2026.
The article was submitted 10.12.2025; approved after reviewing 02.03.2026; accepted for publication 24.06.2026.

Научная статья
УДК 339.138
DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-58-69

ВАЛИДАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ирина Викторовна Белинская[1]✉, Ольга Владимировна Болина[2]

[1,2]Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
[1]belinska@yandex.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-4244-8378
[2]concreto@internet.ru, https://orcid.org/0009-0002-2992-8921
Язык статьи – русский

Аннотация: В статье представлены результаты изучения возможностей применения больших языковых моделей для оптимизации процессов цифровой трансформации в маркетинговой деятельности, фокус сделан на обосновании возможностей синтетических данных как валидного инструмента анализа потенциальных покупателей в условиях цифровой экономики. Целью работы является эмпирическое подтверждение целесообразности и выявление границ применимости генеративных больших языковых моделей для проведения качественного анализа маркетинговой среды. Для достижения цели исследования были сформулированы несколько гипотез, направленных на выявление условий, возможностей и ограничений привлечения синтетических данных в реализации бизнес-процессов маркетинговой деятельности. Методология исследования построена на статистическом анализе с применением двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова, U-критерия Манна-Уитни и коррекции Бенджамини-Хохберга в целях проведения сравнения результатов реальных и синтетических данных. В результате проведенного исследования было выявлено, что статистически значимых различий между выборками из синтетических и реальных персонажей не зафиксировано. Однако выявлены факторы искажения данных, вызванное синтетическими персонажами, которые сгенерировала большая языковая модель: чрезмерно высокая вариативность ценовых оценок, сжатие дисперсии по некоторым продуктовым гипотезам, некорректная приоритизация. Сделан вывод о целесообразности использования принципов исследования потенциальных покупателей с помощью технологий искусственного интеллекта для предварительной выработки гипотез, а также привлечения «ручной» калибровки задаваемых промптов в целях исследования целевой аудитории. Для устранения выявленных в процессе исследования недостатков применения возможностей технологий искусственного интеллекта и расширения применения синтетических данных в маркетинговой деятельности в дальнейшем планируется разработать комплексный подход к настройке больших языковых моделей, а также расширить аналитическую базу исследования в целях повышения статистической мощности и выработки более детальных рекомендаций по применению инструментов цифровой трансформации в бизнес-практике.

Ключевые слова: большие языковые модели в маркетинге, валидация синтетических данных, машинное обучение, статистическая проверка данных, цифровая трансформация маркетинга

Ссылка для цитирования: Белинская И. В., Болина О. В. Валидация применения больших языковых моделей для цифровой трансформации маркетинговой деятельности // Экономика. Право. Инновации. – 2026. – Т. 14.– № 2.– С. 58–69. – DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-58-69.

VALIDATION OF LARGE LANGUAGE MODELS FOR DIGITAL TRANSFORMATION OF MARKETING ACTIVITIES

Irina V. Belinskaia[1], Olga V. Bolina[2]✉

[1,2]ITMO University, Saint-Petersburg, Russia
[1]belinska@yandex.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-4244-8378
[2]concreto@internet.ru, https://orcid.org/0009-0002-2992-8921
Article in Russian

Abstract: This paper presents the results of a study examining the potential of large-scale language models to optimize digital transformation processes in marketing activities. The aim of the work is to empirically confirm the feasibility and identify the limits of applicability of generative large language models for conducting a qualitative analysis of the marketing environment. The research methodology is based on statistical analysis using the two-sample Kolmogorov-Smirnov criterion, the Mann-Whitney U-test and the Benjamini-Hochberg correction in order to compare the results of real and synthetic data. As a result of the conducted research, it was revealed that there were no statistically significant

differences between the samples of synthetic and real characters. However, the factors of distortion of data from characters generated by the large language model have been identified. A conclusion has been made on the feasibility of using the principles of researching potential buyers using artificial intelligence technologies for the preliminary development of hypotheses, as well as the involvement of manual calibration of specified prompts for the purpose of studying the target audience. To address the shortcomings of artificial intelligence technologies identified during the study and expand the use of synthetic data in marketing activities, the authors plan to develop a comprehensive approach to customizing large language models, as well as expand the study's analytical base to increase statistical power and develop more detailed recommendations for the application of digital transformation tools in business practice.

Keywords: вig language models in marketing, synthetic data validation, machine learning, statistical data validation, digital marketing transformation

For citation: Belinskaia I. V., Bolina O. V. Validation of Large Language Models for Digital Transformation of Marketing Activities. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2026. Vol. 14. No. 2. pp. 58–69. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-58-69.

Введение. Активное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) и цифровизация бизнес-процессов формируют появление новых подходов к построению процессов в продуктовом маркетинге. В плоскости методических подходов наибольшую роль для развития возможностей искусственного интеллекта играют большие языковые модели (LLM), современный уровень развития которых позволяет переходить от простого извлечения данных в целях формирования ответов на запросы к симуляции поведенческих паттернов в рамках ролевого взаимодействия.

Между тем, в настоящее время не сформирован комплексный теоретико-методологический подход к процедуре сопоставления результатов опросов синтетических и реальных респондентов, систематизации артефактов результатов применения генеративных моделей в процессах формирования продуктовых стратегий, снижению искажений результатов при применении технологий ИИ с помощью промптинга. Данные ограничения повышают риски некорректного анализа маркетинговой среды и, соответственно, ошибок в построении продуктовой стратегии. Кроме того, задача формирования методологических подходов к валидации применения технологий ИИ в построении маркетинговой стратегии обусловлена и существующими недостатками процесса проведения классического исследования потенциальных потребителей: рисков вывода продуктов на рынок на основе устаревших данных, угрозой несоблюдения положений ФЗ-152, психологическими особенностями респондентов [1].

Целью исследования является эмпирическое подтверждение целесообразности и выявление границ применимости генеративных больших языковых моделей для проведения качественного анализа маркетинговой среды.

В рамках исследования поставлены следующие научные гипотезы:

– применение искусственного интеллекта является валидным инструментом проведения качественных исследований в целях приоритизации продуктовых гипотез;

– условием успешного проведения исследования с помощью технологий искусственного интеллекта является корректное построение «промптового дерева»;

– ответы синтетических персонажей не имеют статистически значимых отличий от ответов реальных респондентов.

Литературный обзор. В рамках исследования применялась луковичная модель, предполагающая последовательное сужение теоретического поля до наиболее значимых теоретико-методологических положений. В целях обеспечения воспроизводимости отбора литературы была применена логика PRISMA, в соответствии с которой процесс скрининга включал в себя следующие этапы.

1. Идентификация: поиск источников в базах данных Scopus, Web of Science, eLibrary. Процесс поиска проводился по

– комбинациям ключевых слов: «generative AI», «consumer behavior», «cross-cultural motivation», «синтетические данные», «поведенческие паттерны», «ИИ-модели»;

– первичным фильтрам: язык публикаций (русский и английский), тип документа (научные статьи).

В результате было отобрано 110 научных работ.

2. Первичный скрининг: проведена дедупликация массива данных, оценка релевантности статьей тематике исследования.

В результате исследуемая выборка статей сократилась до 84.

3. Оценка на соответствие: оставшиеся статьи оценивались по критериям:

– наличие результатов эмпирических испытаний;

– публикация в рецензируемых журналах с рейтингом не ниже Q3 (по квартилям Scopus/WoS), ВАК (не ниже К2), год публикации (не ранее 2020 года);

– исключались работы, носящие исключительно концептуальный характер без эмпирической верификации. На данном этапе было отсеяно 30 публикаций.

4. Включение: оставшиеся полнотекстовые статьи были исследованы с позиции соответствия основным фокусировкам исследования. Из выборки исключались работы, фокус которых был нацелен исключительно на технические аспекты построения генеративных языковых моделей или на применение синтетических данных для моделирования паттернов поведения без привязки к маркетинговым задачам.

На этом этапе было исключено 32 работы. Итоговая выборка составила 22 научные статьи.

В качестве первой фокусировки в исследовании были рассмотрены подходы к применению кросс-культурной концепции С. Шварца. Авторы научных статей [2–4] исследуют применение теории Шварца с позиции психологии и социологии в широком контексте, дополняют ее основные положения в целях построения более эффективного взаимодействия носителей поведенческих паттернов. Авторы [5–7] исследуют практические аспекты кросс-культурной теории мотивации в современном цифровом пространстве, выявляя механизмы их практического приложения в маркетинговых исследованиях.

Разработка алгоритмических моделей при проведении маркетинговых исследований должна основываться на корректном построении выборок. Однако в связи с усложнением процесса сбора информации, в настоящее время наблюдается «кризис репрезентативности». При проведении количественных исследований данную проблему целесообразно решать, совмещая различные виды данных, и анализируя статистическую мощность [8]. При проведении качественного анализа необходимо применять стратегии сэмплинга [9], основным критерием завершения процесса сбора данных в данном случае является информационная насыщенность [10].

Корректное формирование выборки является основой для построения ИИ-моделей в целях анализа потребителей. Авторы [11–13] фиксируют текущие тренды в применении больших языковых моделей и основные сферы их эффективного использования в маркетинге. Так, привлечение ИИ существенно снижает трудозатраты [14], позволяя решать различные бизнес-задачи маркетинга, например, формируя «путь клиента» или вопросы для интервью потребителей [15]. Данный позитивный тренд, однако, имеет значимый недостаток в виде наличия «галлюцинаций» ИИ-моделей, что обуславливает необходимость применения гибридного подхода с привлечением человеческого ресурса, а также проведения калибровки моделей [16].

В работах [17–21] авторы сконцентрировались на исследовании механизмов применения синтетических данных в целях решения проблемы нехватки информации для проведения маркетинговых исследований, следствием которых являются нерепрезентативные выборки Рассматривая в качестве инструмента решения данной проблемы применение синтетических данных, авторы выявляют барьеры и ограничения их использования. Важным элементом совершенствования процесса привлечения синтетических данных является решение задачи повышения уровня точности результатов опросов. Большие языковые модели эффективны при проведении первичного тестирования гипотез. Для комплексного формирования синтетических моделей необходимо интегрировать в них гиперпараметры, полученные на реальных данных [22, 23].

Таким образом, библиографический анализ свидетельствует о наличии интереса к проблематике возможностей ИИ в сфере маркетинговых исследований. Однако фокус практических и теоретических исследований в недостаточной степени направлен на исследование релевантности применения синтетических данных как основного инструмента

для проведения качественных исследований, а также возможностей промптинга в работе с языковой моделью. Данное исследование направлено на устранение теоретико-методологического лага и выработку практических рекомендаций по дальнейшему развитию возможностей больших языковых моделей.

Методология. Проведено сопоставление результатов качественного исследования по двум линиям:

– интервью с реальными и синтетическими респондентами;

– проверка согласованности оценок статистическими методами.

ИИ-клиентология трактуется как метод использования синтетических респондентов для воспроизводимого анализа мотиваций и поведенческих паттернов без прямого контакта с аудиторией. Процедура включает постановку задачи, сегментацию, разработку промптового дерева, генерацию и интервьюирование, анализ и последующую валидацию данных.

В качестве эмпирического объекта выбрана категория продукта с высокой частотностью контакта с потребителем – детские макаронные изделия. Целевая аудитория — родители детей 3–10 лет, проживающие в городах от 250 тыс. жителей и участвующие в выборе продуктов питания для ребёнка.

В рамках исследования были сформулированы пять продуктовых гипотез, подлежащих проверке.

H1. Наличие в продукте элемента сюрприза усиливает вовлечённость и способствует повторным покупкам.

H2. Использование «суперфудов» (натуральных красителей с функциональными компонентами) выступает важным фактором выбора при покупке товара.

H3. Обогащение продукта витаминами и нутриентами (витамины групп B и D, железо, белок и другие) повышает ценность товара и уровень доверия со стороны родителей.

H4. Порционный формат – удобный и функциональный инструмент контроля объёма потребления, особенно вне дома.

H5. Наличие специальной линейки для детей с пониженным аппетитом (так называемых «малоежек») повышает готовность родителей приобретать продукт.

Исследование организовано в двух параллельных линиях с единым сценарием: контрольной (глубинные интервью с реальными респондентами) и экспериментальной (структурированные интервью с синтетическими персонажами). В каждой линии n = 50 (всего 100 интервью), что обеспечивает достаточную статистическую мощность и снижает риск ошибки второго рода. Синтетические данные используются не для имитационного моделирования, а для воспроизведения мотивов, ценностей и поведенческих паттернов, а не для численного прогнозирования.

Согласно работам по насыщению кодов в качественных исследованиях, базовое смысловое насыщение достигается уже после 9–12 интервью, тогда как для устойчивых статистических сравнений распределений требуется существенно больший объём данных [24]. В этих условиях выборка из 50 респондентов рассматривается как достаточная для содержательной валидации и применения непараметрических критериев согласия.

Сбор данных реальных респондентов первой линии исследования.

Глубинные интервью проведены дистанционно, средняя длительность составила 35–45 минут. Все аудиоматериалы полностью транскрибированы, после чего тексты проанализированы и структурированы на основе единой кодировочной таблицы (45 переменных). Сценарий интервью включал пять блоков: анализ текущих привычек потребления макарон; опыт взаимодействия с инновационными продуктами; оценка гипотез H1–H5 по шкале Ликерта 1–5 (от «полностью согласен» до «полностью не согласен»); анализ ценовой чувствительности; формирование образа «идеального» продукта.

Сбор синтетических данных для второй линии исследования.

Во второй линии использовалась синтетическая выборка из 50 персонажей, сформированная по авторской процедуре на базе большой языковой модели и «промптового дерева». В качестве генеративной модели применялась GPT-4o (gpt-4o-2024-08-06, OpenAI; дата отсечения обучающих данных – октябрь 2023 года). Генерация проводилась с 10 декабря 2025 по 24 февраля 2026 года на русском языке, что соответствует языку реальных интервью. Для всех сессий заданы

единые параметры (temperature = 0,7; top_p = 0,9; frequency_penalty = 0; presence_penalty = 0,3; до 1500 токенов на ответ) и фиксированное значение seed = 42. Интервью проводились в независимых сессиях без взаимного влияния ответов.

Использовано промптовое дерево – трёхуровневая конфигурация запросов, разработанная независимо от реальных интервью на основе модели Шварца, отраслевых исследований и параметров целевой аудитории. На уровне Level 0 задаются роль и ограничения модели, на Level 1 – демографические, психографические и поведенческие характеристики сегментов, на Level 2 – гайд, идентичный первой линии (5 блоков), с выводом в формате JSON. Синтетическая выборка (n = 50) распределена по трём сегментам: ЦА1 – «инновационные родители» (n = 18), ЦА2 – «прагматики, чувствительные к цене» (n = 17), ЦА3 – «эмоционально вовлечённые родители» (n = 15); соотношение 18/17/15 заимствовано из структуры реальной выборки и использовано только для стратификации без передачи содержательных данных. Сопоставимость долей сегментов обеспечивает корректность применения критериев согласия (KS тест, U критерий Манна–Уитни). Генерация завершена до анализа первой линии, воспроизводимость обеспечена фиксированной моделью, seed и логированием промптов.

Для сопоставления эмпирических данных «первой линии» (реальные интервью) и «второй линии» (синтетические интервью) применён двухвыборочный критерий Колмогорова–Смирнова [25]. Выбор данного статистического инструмента опирается на три основания: 1) непараметрический характер критерия, не предполагающий априорных гипотез о виде распределения; 2) чувствительность к различиям по всей форме распределения, а не только по показателям центральной тенденции; 3) устойчивость при работе с шкалами Ликерта и неполной нормальностью распределений выборок [24]:

$$D_{n,m} = \sup_x | F_1(x) - F_2(x) | \qquad (1),$$

где F1 и F2 – эмпирические функции распределения для реальной и синтетической выборок соответственно.

За условия приняты следующие значения: H0 – распределения идентичны; H1 – различаются (α = 0,05).

Данные обработаны в единой кодировочной таблице (Excel): строки – интервью, столбцы – переменные (45). Для статистического сопоставления отобраны 12 переменных с порядковым и интервальным уровнем измерения, релевантных гипотезам и пригодных для анализа.

Поскольку статистический анализ предполагает проведение 12 параллельных KS-тестов (по числу переменных), вероятность хотя бы одного ложноположительного результата при α = 0,05 возрастает до ≈ 46%. Для контроля доли ложных открытий (FDR) применена коррекция Бенджамини-Хохберга:

$$p(i)\ FDR = \min \{1, \min j \geq i\ [\ m \cdot p(j) / j]\}, \quad (2)$$

где m = 12 – число тестов, p(j) – j-е p-значение в отсортированном по возрастанию ряду, j – его ранг.

Для оценки устойчивости результатов применён U-критерий Манна-Уитни как ранговая проверка выводов KS-теста, а также анализ отношения стандартных отклонений σC/σP для выявления различий разброса. Описательная статистика по 12 переменным рассчитана на основе 100 интервью: 50 реальных и 50 синтетических (см. таблицу 1).

Расхождения средних между линиями невелики и не превышают 0,5 балла шкалы Ликерта. Для всех 12 переменных рассчитаны D-статистика Колмогорова-Смирнова и U-критерий Манна-Уитни с FDR-коррекцией Бенджамини-Хохберга (таблица 2); статистически значимых различий при α=0,05 не выявлено ни по одному критерию.

К p-значениям U-критерия Манна-Уитни применена FDR-коррекция Бенджамини-Хохберга (сортировка, ранжирование и расчет pMW_FDR по формуле (2)). Аналогичная процедура использована для KS-теста. Интерпретация едина: при α = 0,05 различия считаются значимыми, если pFDR или pMW_FDR < 0,05 , и незначимыми – если ≥ 0,05.

По результатам двух критериев ни одна из 12 переменных не достигает статистической значимости при α = 0,05 (минимальные значения: pFDR = 0,138 для KS-теста и

pMW_FDR = 0,060 для U-критерия). Нулевая гипотеза об отсутствии различий между реальной и синтетической выборками не отвергается по всем показателям. Параллельное применение критериев обусловлено их различной чувствительностью: KS-тест фиксирует различия формы распределений, U-критерий Манна-Уитни – сдвиги центральной тенденции. При общей согласованности результатов (H0 не отвергается) по гипотезам H1 «Сюрприз» и H2 «Суперфуды» наблюдаются более низкие pMW_FDR, что указывает на сдвиг при сходной форме распределений. Переменные H1, H2 и «Шкала премиум» (pMW_FDR = 0,112) выделены как приоритетные для дальнейшей проверки. Промежуточные расчеты FDR-коррекции представлены в таблице 3.

Таблица 1

Описательные статистики сравниваемых выборок (n = 50 / n = 50)

Источник: составлена авторами

Переменная	Группа	M	Me	σ	Min	Max	n
Частота приготовления	Реальные	3,52	4,0	0,91	2	5	50
	Синтетические	3,52	3,5	0,61	2	5	50
Частота покупки	Реальные	3,18	3,0	0,85	1	5	50
	Синтетические	3,26	3,0	0,72	2	5	50
Влияние ребёнка	Реальные	1,64	2,0	0,69	0	3	50
	Синтетические	1,42	1,0	0,73	0	3	50
Открытость новинкам	Реальные	2,66	3,0	0,89	1	5	50
	Синтетические	3,00	3,0	1,25	1	5	50
H1: Сюрприз	Реальные	3,68	4,0	1,06	1	5	50
	Синтетические	3,12	3,0	0,98	1	5	50
H2: Суперфуды	Реальные	2,60	3,0	0,97	1	4	50
	Синтетические	3,26	3,0	1,23	1	5	50
H3: Витамины	Реальные	3,14	3,0	1,20	1	5	50
	Синтетические	3,50	4,0	0,97	1	5	50
H4: Порции	Реальные	2,72	3,0	1,16	1	5	50
	Синтетические	2,82	3,0	1,14	1	5	50
H5: Малоежки	Реальные	3,02	3,0	1,15	1	5	50
	Синтетические	2,86	3,0	0,70	1	4	50
Цена обычная (руб.)	Реальные	81,44	80,0	17,53	50	120	50
	Синтетические	86,06	86,5	32,98	45	160	50
Максимальная цена (руб.)	Реальные	102,78	103,0	18,89	65	138	50
	Синтетические	107,22	107,5	30,49	65	176	50
Шкала премиум	Реальные	2,48	2,0	0,93	1	5	50
	Синтетические	2,92	3,0	1,03	1	5	50

Таблица 2

Сводные результаты двухвыборочных тестов Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни

Источник: составлена авторами

Переменная	D	p_raw	p_FDR	p_MW	p_MW_FDR	Эффект	Вывод
Частота приготовления	0,120	0,869	1,000	0,938	0,938	малый	не различим
Частота покупки	0,060	1,000	1,000	0,650	0,784	пренебр.	не различим
Влияние ребёнка	0,160	0,549	0,823	0,111	0,276	малый	не различим
Открытость новинкам	0,180	0,396	0,679	0,138	0,276	малый	не различим
H1: Сюрприз	0,220	0,179	0,536	0,011	0,066	средний	не различим
H2: Суперфуды	0,240	0,112	0,450	0,005	0,060	средний	не различим
H3: Витамины	0,140	0,717	0,956	0,124	0,276	малый	не различим
H4: Порции	0,060	1,000	1,000	0,719	0,784	пренебр.	не различим
H5: Малоежки	0,180	0,396	0,679	0,547	0,784	малый	не различим
Цена обычная (руб.)	0,320	0,012	0,138	0,654	0,784	средний	не различим
Максимальная цена (руб.)	0,260	0,068	0,407	0,428	0,734	средний	не различим
Шкала премиум	0,200	0,272	0,653	0,028	0,112	малый	не различим

Таблица 3

Сортировка p-значений и расчёт скорректированных значений по Бенджамини-Хохбергу

Источник: составлена авторами

Ранг i	Переменная	D	p_raw	m·p_raw / i	p_FDR
1	Цена обычная (руб.)	0,320	0,012	0,144	0,138
2	Макс цена (руб.)	0,260	0,068	0,408	0,407
3	H2: Суперфуды	0,240	0,112	0,448	0,450
4	H1: Сюрприз	0,220	0,179	0,537	0,536
5	Шкала премиум	0,200	0,272	0,653	0,653
6	Открытость новинкам	0,180	0,396	0,792	0,679
7	H5: Малоежки	0,180	0,396	0,679	0,679
8	Влияние ребёнка	0,160	0,549	0,824	0,823
9	H3: Витамины	0,140	0,717	0,956	0,956
10	Частота приготовления	0,120	0,869	1,043	1,000
11	Частота покупки	0,060	1,000	1,091	1,000
12	H4: Порции	0,060	1,000	1,000	1,000

По итогам применения двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова на выборках n = 50/50 после FDR-коррекции статистически значимых различий по всем 12 переменным не выявлено. Это свидетельствует о согласованности распределений, но не является доказательством их эквивалентности: ряд переменных (H1, H2, ценовые показатели) демонстрирует средний размер эффекта ($D \in [0{,}2;\ 0{,}4)$), что требует дополнительной содержательной интерпретации и дальнейших эмпирических исследований.

Анализ отношения стандартных отклонений. Сравнение стандартных отклонений σ_C / σ_P между синтетической (C) и реальной (P) выборками позволило выявить артефакты, зафиксированные при использованной конфигурации промптового дерева (см. таблицу 4). Для их классификации применены условные пороги: «раздутие» – σ_C / σ_P ≥ 1,5 (разброс синтетической выборки существенно превышает реальный); «сжатие» – σ_C / σ_P ≤ 0,67 (разброс синтетической выборки существенно ниже реального).

Таблица 4

Сравнение стандартных отклонений реальной и синтетической выборок

Источник: составлена авторами

Переменная	σ_P	σ_C	σ_C / σ_P	Артефакт
Частота приготовления	0,91	0,61	0,68	–
Частота покупки	0,85	0,72	0,85	–
Влияние ребёнка	0,69	0,73	1,06	–
Открытость новинкам	0,89	1,25	1,39	–
H1: Сюрприз	1,06	0,98	0,93	–
H2: Суперфуды	0,97	1,23	1,27	–
H3: Витамины	1,20	0,97	0,81	–
H4: Порции	1,16	1,14	0,98	–
H5: Малоежки	1,15	0,70	0,61	Сжатие
Цена обычная (руб.)	17,53	32,98	1,88	Раздутие
Максимальная цена (руб.)	18,89	30,49	1,61	Раздутие
Шкала премиум	0,93	1,03	1,10	–

Анализ выявил два артефакта: по ценовым показателям разброс синтетических данных превышает реальный в 1,6–1,9 раза, что связано с отсутствием числовых якорей в промптах, а по гипотезе H5 «Малоежки» вариативность сжата до 61% от реального уровня, что указывает на более однородное представление модели о соответствующих установках.

Содержательное сравнение рейтинга продуктовых гипотез. С учётом выявленных ограничений предлагаются два направления дальнейшей работы (таблица 5).

1. Развитие методологии настройки и калибровки промптового дерева (снижение артефактов дисперсий, корректировка смещения в пользу рациональных характеристик, расширение выборки и повторение тестирования на других товарных категориях).

2. Институционализация гибридного формата маркетинговых исследований, в котором синтетические респонденты используются для быстрого и экономичного отбора гипотез, а окончательные решения о продуктовой и коммуникационной стратегии принимаются на основе верифицированных данных полевых исследований.

Таблица 5

Рейтинг гипотез: реальная и синтетическая выборки

Источник: составлена авторами

Гипотеза	M (P)	Ранг P	M (C)	Ранг C	Δ M	Δ ранг
H1: Сюрприз	3,68	1	3,12	3	-0,56	+2
H5: Малоежки	3,02	3	2,86	4	-0,16	+1
H3: Витамины	3,14	2	3,50	1	+0,36	-1
H4: Порции	2,72	4	2,82	5	+0,10	+1
H2: Суперфуды	2,60	5	3,26	2	+0,66	-3

Выводы и рекомендации. По результатам проведённого исследования на сопоставимых выборках n = 50/50 показано, что применение двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова и U-критерия Манна-Уитни с FDR-коррекцией Бенджамини-Хохберга не выявляет статистически значимых различий между реальными и синтетическими данными по всем 12 анализируемым переменным при уровне значимости α=0,05 (минимальные значения: pFDR = 0,138, pMW_FDR = 0,060). Неотвержение нулевой гипотезы в данном случае корректно трактуется как отсутствие зафиксированных различий при используемом объёме выборки и конфигурации промптового дерева, но не как доказательство полной эквивалентности распределений. Совокупность статистических показателей и анализ эффекта (D ∈ [0,2;0,4)) позволяют выделить набор переменных (ценовые показатели, «Сюрприз», «Суперфуды», «Шкала премиум») как зону потенциальных расхождений, требующую дальнейшей эмпирической проверки и расширения выборки.

Содержательный анализ продемонстрировал два устойчивых артефакта синтетических данных: завышенную вариативность ценовых оценок и смещение приоритизации в сторону рациональных атрибутов продукта (понижение ранга эмоциональной гипотезы H1 и рост значимости H2 и H3). Это указывает на необходимость калибровки промптового дерева и учёта специфики модели при интерпретации результатов, но не означает неприменимости ИИ- клиентологии в целом. На текущем этапе развития подхода ИИ-клиентология может рассматриваться как инструмент предварительного этапа исследования, предназначенный для первичной приоритизации продуктовых гипотез и генерации содержательных инсайтов о мотивациях и ценностях, при условии последующей валидации ключевых выводов на реальных респондентах в рамках гибридного дизайна (реальные + синтетические данные).

С учётом выявленных ограничений предлагаются два направления дальнейшей работы: развитие методологии настройки и калибровки промптового дерева и институционализация гибридного формата маркетинговых исследований.

Декларация о применении ИИ. В рамках представленного исследования инструменты искусственного интеллекта (ИИ) использовались на вспомогательных этапах работы. В частности, применялась Perplexity AI – поисковая система с элементами искусственного интеллекта, анализирующая открытые интернет-источники и формирующая сжатые ответы с указанием ссылок на оригинальные материалы. Данный инструмент использовался для поиска и первичного отбора релевантных научных источников. Дополнительно инструменты ИИ применялись для технической редактуры текста (орфография, синтаксис, стилистическая согласованность). Научные гипотезы, постановка задач исследования, интерпретация полученных результатов, а также финальная редакция выводов выполнены авторами самостоятельно.

Список источников

1. Анж С., Диссльбахер Ф., Хумер С., Шнетцер М. Сколько вы на самом деле заработали в прошлом году? Объяснение погрешности измерения в данных о доходах, полученных в ходе опросов // Journal of the Royal Statistical Society. – 2019. – Т. 182. – № 4. – С. 1411–1437. – DOI: 10.1111/ rssa.12463. – Текст: электронный. (In Eng.).
2. Сагив Л., Шварц С. Х. Личные ценности в разных культурах // Annual Review of Psychology. – Annual Reviews, 2022. (In Eng.).
3. Шварц Ш., Бутенко Т. П., Седова Д. С., Липатова А. С. Уточненная теория базовых индивидуальных ценностей: применение в России // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 43–70.
4. Шварц С. Х. Усовершенствованная теория основных ценностей // Values and behavior: Taking a cross-cultural perspective. – Springer, 2020. – DOI: 10.1007/978-3-319-56352-7_3. – Текст: электронный. (In Eng.).
5. Ершова Е. Ю. Влияние потребительского поведения на формирование маркетинговых коммуникаций в социальных сетях // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 2 (163). – С. 886–888. – DOI 10.34925/EIP.2024.163.2.174. – Текст: электронный.
6. Чёрная Т. А. Анализ целевой аудитории и использование смыслов в контенте // Россия в XXI веке: глобальные вызовы, приоритеты и перспективы развития. – Барнаул: ООО «Пять плюс», 2024. – С. 296–297.
7. Зварич Р., Лисович Т. Сравнительный анализ классических систем разработки продукции и системы, ориентированной на потребности клиента. // Business Inform. – 2025. – № 10 (773). – С. 221–228. – DOI:10.32983/2222-4459-2025-10-221-228. – Текст: электронный.
8. Кабанелас П. и др. Выборка и размер выборки в B2B-маркетинге: современные методы и рекомендации // Industrial Marketing Management. – 2025. – Т. 125.–С.71–86. – DOI: 10.1016/j.ind marman.2024.12.014.– Текст: электронный. (In Eng.).
9. Чернек-Маршалек К., Маккейб С. Выборка в качественных исследованиях методом интервью: критерии, соображения и рекомендации для достижения успеха // Annals of Tourism Research. – 2024. – Т. 104. – DOI: 10.1016 /j.annals. 2023.103711. – Текст: электронный. (In Eng.).
10. Ахмед С. К. Размер выборки для достижения насыщения в качественных исследованиях: дискуссии, определения и стратегии // Journal of Medicine, Surgery, and Public Health. – 2025. – Т. 5. – DOI: 10.1016/j.glmedi.2024.100171. – Текст: электронный. (In Eng.).
11. Арора Н. и др. Гибриды ИИ и человека для маркетинговых исследований: использование

References

1. Ange S., Disslbacher F., Humer S., Schnetzer M. What Did You Really Earn Last Year? Explaining Measurement Error in Survey Income Data. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society.* 2019. Vol. 182. No. 4. pp. 1411–1437. DOI: 10.1111/rssa.12463.

2. Sagiv L., Schwartz S. H. Personal Values Across Cultures. *In Book: Annual Review of Psychology*. Annual Reviews, 2022.
3. Schwartz S., Butenko T. P., Sedova D. S., Lipatova A. S. Refined Theory of Basic Individual Values: Application in Russia. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki*. 2012. Vol. 9. No. 1. pp. 43–70.

4. Schwartz S. H. The Refined Theory of Basic Values. *In Book: Values and behavior: Taking a cross-cultural perspective*. Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-319-56352-7_3.

5. Ershova E. Yu. The Influence of Consumer Behavior on the Formation of Marketin g Communications in Social Networks. *Ekonomika i predprinimatelstvo.* 2024. No. 2 (163). pp. 886–888. DOI 10.34925/EIP.2024.163. 2.174. (In Russ.).
6. Chernaya T. Analysis of the Target Audience and the Use of Meanings in Content. *Collection of Papers of the Conference Russia in the 21st Century: Global Challenges, Priorities and Development Prospects*. Barnaul: «Pyat' Plus», 2024. pp. 296–297. (In Russ.).
7. Zvarych R., Lisovych T. A Comparative Analysis of Classical Product Development Systems and the Customer Development-Driven System. *Business Inform.* 2025. No. 10 (773). pp. 221–228. DOI:10.32983/2222-4459-2025-10-221-228. (In Russ.).
8. Cabanelas P. et al. Sampling and Sample Size in B2B Marketing: Current Practices and Recommendations. *Industrial Marketing Management.* 2025. Vol. 125. pp. 71–86. DOI: 10.1016/j.indmarman.2024.12.014.
9. Czernek-Marszałek K., McCabe S. Sampling in Qualitative Interview Research: Criteria, Considerations and Guidelines for Success. *Annals of Tourism Research.* 2024. Vol. 104. DOI: 10.1016/j.annals.2023.103711.

10. Ahmed S. K. Sample Size for Saturation in Qualitative Research: Debates, Definitions, and Strategies. *Journal of Medicine, Surgery, and Public Health*. 2025. Vol. 5. DOI: 10.1016/j.glmedi.2024.100171.

11. Arora N. et al. AI–Human Hybrids for Marketing Research: Leveraging Large Language Models.

больших языковых моделей // Journal of Marketing. – 2024. – Т. 89. – № 3. – DOI: 10.1177/00222429241276529. – Текст: электронный. (In Eng.).
12. Ли П. и др. Границы: Определение достоверности больших языковых моделей для автоматизированного перцептивного анализа // Marketing Science. – 2024. – Т 43 (2). – С. 254–266. – DOI: 10.1287/mksc.2023.0454. – Текст: электронный. (In Eng.).
13. Кошевенко С. В. Тренды маркетинга в экономике данных (2024–2025) // Сибирский журнал экономических и бизнес-исследований. – 2024. – № 13 (4). – С. 106–115. – DOI: 10.12731/2070-7568-2024-13-4-273. – Текст: электронный.
14. Савченко С. П. Возможности применения генеративных нейронных сетей на различных этапах маркетингового исследования: от планирования до интерпретации данных // Информатизация в цифровой экономике. – 2025. – Т. 6. – № 1. – С. 105–124. – DOI: 10.18334/ide.6.1.122853. – Текст: электронный.
15. Трегубов В. Н. Перспективные направления исследований использования генеративного искусственного интеллекта в маркетинге // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12 (5). – С. 23–32.
16. Эстевес М. и др. Исследование рынка и знания с использованием генеративного ИИ: возможности больших языковых моделей // Journal of Innovation & Knowledge. – 2025. – Т. 10. – № 5. – DOI: 10.1016/j.jik.2025.100796. – Текст: электронный. (In Eng.).
17. Моррис Т. П. и др. Использование имитационных исследований для оценки статистических методов // Statistics in Medicine. – 2020. – Т. 38. – № 11. – С. 2074–2102. – DOI: 10.1002/sim.8086. – Текст: электронный. (In Eng.).
18. Патки Н. и др. Хранилище синтетических данных // IEEE DSAA. – 2016. – DOI: 10.1109/DSAA.2016.49. – Текст: электронный. (In Eng.).
19. Перес Р. и др. О ChatGPT и не только: как генеративный ИИ может повлиять на исследования, преподавание и практику // International Journal of Research in Marketing. – 2023. – Т. 40. – № 2. – С. 269–275. – DOI: 10.1016/j.ijresmar. 2023.03.001. – Текст: электронный. (In Eng.).
20. Бриньольфссон Э., Ли Д., Раймонд Л. Р. Генеративный ИИ в действии // NBER Working Paper. – 2023. – DOI: 10.3386/w31161. – Текст: электронный. (In Eng.).
21. Лонг Л. и др. О генерации, обработке и оценке синтетических данных на основе линейных моделей машинного обучения: обзор // Computation and Language. – 2024. – DOI: 10.48550/arXiv.2406.15126. – Текст: электронный. (In Eng.).

Journal of Marketing. 2024. Vol. 89. No. 3. DOI: 10.1177/00222429241276529.

12. Li P. et al. Frontiers: Determining the Validity of Large Language Models for Automated Perceptual Analysis. *Marketing Science*. 2024. Vol. 43 (2). pp. 254–266. DOI: 10.1287/mksc.2023.0454.

13. Koshevenko S. V. Marketing Trends in the Data Economy (2024–2025). *Sibirskiy zhurnal ekonomicheskikh i biznes-issledovaniy*. 2024. No. 13 (4). pp. 106–115. DOI: 10.12731/2070-7568-2024-13-4-273. (In Russ.).
14. Savchenko S. P. Possibilities of Using Generative Neural Networks at Various Stages of Marketing Research: From Planning to Data Interpretation. *Informatizatsiya v tsifrovoy ekonomike*. 2025. Vol. 6. No. 1. pp. 105–124. DOI: 10.18334/ide.6.1.122853. (In Russ.).

15. Tregubov V. N. Promising Research Directions for The Use of Generative Artificial Intelligence in Marketing. *International Journal of Open Information Technologies*. 2024. Vol. 12 (5). pp. 23–32. (In Russ.).
16. Estevez M. et al. Market Research and Knowledge Using Generative AI: the Power of Large Language Models. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2025. Vol. 10. No. 5. DOI: 10.1016/j.jik.2025.100796.

17. Morris T. P. et al. Using Simulation Studies to Evaluate Statistical Methods. *Statistics in Medicine*. 2020. Vol. 38. No. 11. pp. 2074–2102. DOI: 10.1002/sim.8086.

18. Patki N. et al. The Synthetic Data Vault. IEEE *International Conference on Data Science and Advanced Analytics*. 2016. DOI: 10.1109/ DSAA.2016.49.
19. Peres R. et al. On ChatGPT and Beyond: How Generative AI May Affect Research, Teaching, and Practice. *International Journal of Research in Marketing*. 2023. Vol. 40. No. 2. pp. 269–275. DOI: 10.1016/j.ijresmar.2023.03.001.

20. Brynjolfsson E., Li D., Raymond L. R. Generative AI at Work. *NBER Working Paper*. 2023. DOI: 10.3386/w31161.

21. Long L. et al. On LLMs-Driven Synthetic Data Generation, Curation, and Evaluation: A Survey. *Computation and Language*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2406.15126.

22. Вилья Г. и др. Использование синтетических данных в туризме // Annals of Tourism Research. – 2024. – Vol. 108. – DOI: 10.1016/j.annals.2024. 103819. – Текст: электронный. (In Eng.).
23. Данкар Ф. К. Притворяйся, пока не добьешься успеха: Руководство по эффективному созданию синтетических данных // Appl. Sci. – 2021. – Т. 11. – № 5. – DOI: 10.3390/app110 52158. – Текст: электронный. (In Eng.).
24. Хеннинк М. М., Кайзер Б. Н., Маркони В. К. Насыщенность кода против насыщенности смысла: сколько интервью достаточно? // Qual Health Res. 2017. – Т. 27 (4). – С. 591–608. – DOI: 10.1177/1049732316665344. – Текст: электронный. (In Eng.).
25. Критерий Колмогорова-Смирнова: критерий согласия для малых выборок [Электронный ресурс]. – URL: web.cortland.edu/matresearch/ KolmSmirnSTART.pdf (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.

22. Viglia G. et al. The Use of Synthetic Data in Tourism. *Annals of Tourism Research*. 2024. Vol. 108. DOI: 10.1016/j.annals.2024.103819.

23. Dankar F. K. Fake It Till You Make It: Guidelines for Effective Synthetic Data Generation. *Applied Sciences.* 2021. Vol. 11. No. 5. DOI: 10.3390/ app11052158.

24. Hennink M. M., Kaiser B. N., Marconi V. C. Code Saturation Versus Meaning Saturation: How Many Interviews Are Enough? *Qual Health Res*. 2017. Vol. 27 (4). pp. 591–608. DOI: 10.1177/ 1049732316665344.

25. Kolmogorov-Smirnov: A Goodness of Fit Test for Small Samples [Electronic resource]. URL: web.cortland.edu/matresearch/KolmSmirn-START.pdf (Accessed: 20.04.2026).

Белинская Ирина Викторовна / Belinskaia Irina V.
кандидат экономических наук, доцент / PhD, Associate Professor
доцент факультета технологического менеджмента и инноваций / Associate Professor of the Faculty Technological Management and Innovation
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: belinska@yandex.ru

Болина Ольга Владимировна / Bolina Olga V.
старший преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций / Senior Lecturer of the Faculty Technological Management and Innovation
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: concreto@internet.ru

Статья поступила в редакцию 21.04.2026; одобрена после рецензирования 23.06.2026; принята к публикации 24.06.2026.
The article was submitted 21.04.2026; approved after reviewing 23.06.2026; accepted for publication 24.06.2026.

Научная статья
УДК 004.9
DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-70-79

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ КОМПАНИИ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ МОДЕЛИ

Татьяна Вадимовна Гвоздева[1], Павел Витальевич Буйлов[2], Ирина Дмитриевна Дерова[3]✉

[1,2,3]Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, Иваново, Россия
[1]gvozdevs@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0001-5807-5329
[2]bpvpahan@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0001-1053-8117
[3]derovair@yandex.ru✉, https://orcid.org/0009-0006-6032-9176
Язык статьи – русский

Аннотация: В условиях высокой нестабильности внешней среды традиционные системы управления, основанные на статичных должностных инструкциях, теряют эффективность. Целью работы является разработка информационной технологии управления организационным развитием на основе компетентностной модели, обеспечивающей динамическое соответствие между проблемами компании, функциями и компетенциями сотрудников. Материалы и методы исследования включают системный подход, методы математического моделирования, теорию управления организационным развитием, а также сервисно-ориентированную архитектуру. В содержании работы предложена трёхзвенная структура «Проблема → Функция → Компетенция», разработана система дифференциальных уравнений, описывающая динамику проблемного поля, результативность выполнения функций и развитие человеческого капитала с учётом мотивации персонала. Введено понятие «зоны оптимума сотрудника» для количественной оценки баланса интересов бизнеса и работника. Основные результаты: создана сервисно-ориентированная архитектура информационной технологии, включающая модули каталога компетенций, оценки, оптимизации распределения, планирования развития и аналитики. Проведена экспериментальная апробация на предприятии (545 человек), показавшая снижение критичности проблем на 34% и рост вовлечённости персонала на 18%. Выводы подтверждают, что предложенная технология обеспечивает адаптивность компании и устойчивое развитие человеческого капитала. Направления дальнейших исследований связаны с интеграцией методов искусственного интеллекта для прогнозирования изменения проблемного поля и автоматической адаптации компетентностной модели.

Ключевые слова: информационная технология управления, компетентностная модель управления, математическое моделирование, организационное развитие, сервисно-ориентированная архитектура, управление человеческим капиталом

Ссылка для цитирования: Гвоздева Т. В., Буйлов П. В., Дерова И. Д. Информационная технология управления организационным развитием компании на основе компетентностной модели // Экономика. Право. Инновации. – 2026. – Т. 14. – № 2. – С. 70–79. – DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-70-79.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR MANAGING ORGANIZATIONAL DEVELOPMENT OF A COMPANY BASED ON A COMPETENCE MODEL

Tatiana V. Gvozdeva[1], Pavel V. Buylov[2], Irina D. Derova[3]✉

[1,2,3]Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin, Ivanovo, Russia
[1]gvozdevs@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0001-5807-5329
[2]bpvpahan@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0001-1053-8117
[3]derovair@yandex.ru✉, https://orcid.org/0009-0006-6032-9176
Article in Russian

Abstract: In conditions of high external instability, traditional management systems based on static job descriptions lose their effectiveness. The aim of the study is to develop an information technology for managing organizational development based on a competence model that ensures dynamic alignment between company problems, functions, and employee competencies. Materials and methods include a systems approach, mathematical modeling methods, organizational development management theory, and service-oriented architecture. The content presents a three-link structure “Problem → Function → Competence”. A system of differential equations is developed to describe the dynamics of the problem field, function performance efficiency, and human capital development considering staff motivation. The concept of an “employee’s optimum zone” is introduced to quantify the balance between business and employee interests. Key

results: a service-oriented information technology architecture is designed, including modules for a competence catalog, assessment, distribution optimization, development planning, and analytics. Experimental approbation at an enterprise (545 employees) demonstrated a 34% reduction in problem criticality and an 18% increase in staff engagement. Conclusions confirm that the proposed technology ensures company adaptability and sustainable human capital development. Further research directions include integrating artificial intelligence methods to predict changes in the problem field and automatically adapt the competence model.

Keywords: information technology of management, competence-based management model, mathematical modeling, organizational development, service-oriented architecture, human capital management

For citation: Gvozdeva T. V., Buylov P. V., Derova I. D. Information Technology for Managing the Organizational Development of a Company Based on a Competence Model. *Ekonomika. Pravo. Innovacii.* 2026. Vol. 14. No. 2. pp. 70–79. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-70-79.

Введение. Внешняя среда компаний становится крайне непредсказуемой. Данная непредсказуемость выражается в постоянном изменении условий рынка и нестабильности экономических и политических факторов [1, 2]. В таких условиях системы управления, основой которых являются статичные штатные расписания и должностные инструкции, не отвечают требованиям адаптации, что снижает эффективность деятельности компании и её конкурентоспособность на рынке [3]. Это приводит к снижению внутренней организованности, характерному для многих компаний, возникает разрыв между требованиями рынка и медленной адаптацией кадров к новым условиям [4, 5].

Очевидно, что адаптационные способности организации к изменениям внешней и внутренней среды во многом определяются ее организационным потенциалом [6], а именно, встроенной в структуры управленческой логикой, под которой следует понимать используемые механизмы принятия решений по рациональному вовлечению кадрового потенциала в решении актуальных задач и проблем предприятия.

Однако устаревший подход, при котором сотрудник рассматривается исключительно в рамках формальной «должности», не позволяет своевременно и оптимально управлять кадровым потенциалом в проблемном поле организации. Реальные компетенции и навыки работника зачастую не совпадают с формальными обязанностями: они могут быть значительно шире, что ведёт к неэффективному использованию человеческого капитала или, наоборот, являться недостаточными для решения новых задач, возникающих в ответ на актуальные проблемы [7, 8].

Таким образом, адаптивность компании определяется тремя факторами. Первый – способность быстро перестраивать внутренние ресурсы (финансы, технологии и человеческие компетенции) в ответ на меняющиеся рыночные запросы. Второй – это развитие человеческого капитала через формирование вовлекающей корпоративной среды. Третий – реализация принципов проблемно-ориентированного управления, которое нацелено на оперативное решение актуальных задач и ликвидацию проблем организации. Как отмечают авторы в [4, 9], именно развитие талантов, сложные задачи и справедливая оценка вклада обеспечивают вовлеченность сотрудников и их высокую продуктивность.

Цель работы – разработка информационной технологии управления организационным развитием на основе компетентностной модели, обеспечивающей динамическое соответствие между актуальными проблемами компании, (под которыми понимаются любые задачи, несоответствия, риски или отклонения фактического состояния от требуемого, препятствующие достижению целей) выполняемыми функциями и компетенциями сотрудников для ликвидации проблем и одновременного роста кадрового потенциала.

Литературный обзор. Анализ научно-технических источников показал, что существующие разработки в области компетентностного подхода имеют следующие достоинства: формализация требований к персоналу через профили компетенций и наличие методик оценки.

1. Компетентностные модели в управлении персоналом (HRM). Перспективным подходом к управлению организационным развитием является компетентностный подход, который позволяет формализовать требования к персоналу через профили компетенций. В рамках этого подхода авторы [1, 3, 4] рассматривают компетенции как основу для

разработки профилей должностей и проведения оценочных процедур (метод «360 градусов», ассесмент-центры). Авторы исследования [7] акцентируют внимание на технологиях оценки профессиональных компетенций специалистов. Зарубежные исследователи предлагают методологии внедрения компетентностных фреймворков в корпоративные системы обучения и развития талантов [8, 10].

Ключевым ограничением существующих компетентностных моделей является их статичность: компетенции жёстко привязаны к должностям, зафиксированным в штатном расписании. Это не позволяет оперативно перераспределять функции между сотрудниками при возникновении новых проблем, требующих иного набора компетенций.

Таким образом, для реализации динамического проблемно-ориентированного управления существующих моделей и методов недостаточно. Возникает необходимость в разработке новых моделей, описывающих взаимосвязь между проблемным полем организации, функциями и компетенциями; новых методов оптимизации распределения функций с учётом мотивации персонала.

2. Динамические модели организационного развития. Авторы исследований [5, 6] описывают организацию как развивающуюся систему и учитывают влияние внешней среды и внутренних процессов на эффективность деятельности. В работе [9] предлагаются алгоритмы формирования гибких компетенций управления, подчёркивающих значимость кадрового потенциала в адаптационных преобразованиях.

К ограничениям в этих моделях можно отнести то, что в них не отражаются динамические компетентностные конструкции проблемного поля организации, а также не учитываются мотивация и вовлеченность персонала. Из-за этого модели не позволяют выполнять организацию адаптационных процессов и давать прогностическую оценку эффективности организации при распределении задач между сотрудниками.

Выявленные ограничения управленческих моделей существуют и на уровне информационных систем управления персоналом (далее – ИСУП). Проведенный анализ отечественного рынка ИСУП показывает, что любая корпоративная информационная система в обязательном порядке включает функциональные модули для кадрового учёта, расчёта заработной платы, поддержки штатного расписания и статистической отчётности. Наиболее распространённые отечественные системы – «БОСС-Кадровик», «1С: Зарплата и управление персоналом», «Галактика ERP» (контур «Управление персоналом»), «КОМПАС: Управление персоналом», «Парус Кадры» – адаптированы к российскому законодательству и интегрируются с бухгалтерскими и ERP-системами. Зарубежные решения (SAP mySAP ERP HCM, Oracle Applications, Baan) обладают более полной функциональностью, включая управление талантами, индивидуальное планирование карьеры и долгосрочное прогнозирование потенциала сотрудников.

Ключевое ограничение с точки зрения управления организационным развитием заключается в статичности архитектуры большинства ИСУП: компетенции привязаны к должностным позициям, зафиксированным в штатном расписании. Это не позволяет оперативно перераспределять функции между сотрудниками при возникновении новых проблем, требующих иного набора компетенций. Кроме того, многие функции (оценка персонала, анализ безубыточности, факторный и индексный анализ, OLAP-аналитика) либо отсутствуют в типовых ИСУП, либо реализованы в виде отдельных модулей, не интегрированных с контурами стратегического и оперативного управления. Существующие системы не содержат математического аппарата для расчёта оптимального распределения функций по критерию минимизации критичности проблем при одновременном развитии человеческого капитала.

Таким образом, анализ ограничений существующих моделей управления и их ИТ-решения приводит к выводу: необходима разработка новой информационной технологии управления организационным развитием, которая базируется не на статичных должностях, а на динамической триаде «Проблема → Функция → Компетенция», учитывает мотивацию и вовлечённость персонала, содержит математический аппарат для оптимизации распределения функций, реализует замкнутый цикл диагностики, назначения, выполнения и развития.

Методы и материалы исследования. Цель управления – подобрать матрицы распределения сотрудников по функциям ηit(t), обеспечивающие приближение системы к желаемому состоянию: ликвидация проблем (перевод их из проблемного поля в функциональное и ресурсное обеспечение) критичность проблем (P → 0) при сохранении и росте кадрового потенциала (≥ 0 и ζi → 1) [6, 8].

Достижение этой цели требует отказа от статичных должностных инструкций и перехода к динамической модели, в которой организация рассматривается не как штатное расписание, а как система, предназначенная для решения актуальных проблем.

Разработка предлагаемой информационной технологии базируется на новой информационной модели управления организационным развитием, в рамках которой организация рассматривается не как статичный штатный перечень должностей и закреплённых за ними функций, а как динамическая система, предназначенная для решения актуальных проблем [5]. При этом управление с позиции формирования ресурсной базы и способности рационально распределять эти ресурсы осуществляется непосредственно в проблемном поле организации. Базовой единицей анализа выступает не должность, а проблема, требующая разрешения. Совокупность таких проблем формирует «проблемное поле» организации [6].

Решение проблем требует выполнения конкретных функций. Каждая функция реализуется только при наличии у сотрудника соответствующих компетенций [3, 8]. Для формализации предложенной информационной модели управления разработана компетентностная модель состояния организации как объекта управления в условиях адаптации, которая является основой информационной технологии.

Введём следующие множества, описывающие основные элементы модели:

– $P = \{p_1, p_2, \ldots, p_m\}$ – множество проблем, формирующих проблемное поле организации (каждая проблема p_j имеет уровень критичности $c_j(t)$ в момент времени t). Под проблемой p_j понимается любое несоответствие между фактическим и требуемым состоянием организации (в процессах, компетенциях, результатах, внешних взаимодействиях), которое создаёт риск снижения эффективности или достижения цели;

– $F = \{f_1, f_2, \ldots, f_k\}$ – множество функций, необходимых для решения проблем, причем связь между проблемами и функциями задается бинарной матрицей инцидентности, а размером m×k (элемент a_{jt}=1, если функция f_t требуется для решения проблемы p_j, и 0 иначе);

– $H = \{h_1, h_2, \ldots, h_k\}$ – множество сотрудников организации;

– C – пространство компетенций, где каждый сотрудник h_i обладает вектором компетенций $K_i=(k_{i1},k_{i2},...,k_{il})$, а каждая функция f_t требует для своего выполнения вектора необходимых компетенций $R_t = (r_{t1},r_{t2},...,r_{tl})$.

Таким образом, проблемы формируют функции, а функции определяют перечень компетенций (требований) к кадровым ресурсам, что позволяет представить трехзвеньевую связанную структуру: Проблема → Функция → Компетенция. Такой подход позволяет отказаться от формального закрепления сотрудников за должностями в пользу их динамичного распределения по функциям, соответствующим актуальному компетентностному профилю навыков [7, 10].

Взаимосвязь между элементами системы и динамика их изменения во времени задаётся следующей системой уравнений, которая является инструментом достижения сформулированной выше цели управления:

$$\begin{cases} \dfrac{dcj}{dt} = \alpha j * Ej(t) - \beta j * \sum_{t=1}^{k} \left(ajt * xt\,(t)\right) + \gamma j, & \forall j \in [1,m] \quad (1) \\ \mathrm{xt\ (t)} = \sum_{i=1}^{n} [\ \eta it * (\sum_{q=1}^{l} \dfrac{\min\left(kiq(t),\ rtq(t)\right)}{rtq}) * \zeta i(t)], & \forall t \in [1,k] \quad (2) \\ \dfrac{d\mathrm{K}i}{dt} = \Phi i(\sum_{t=1}^{k} \left(\eta \mathrm{i(t)} * xt(t)\right) - \delta i Ki(t) + \upsilon i(t), & \forall i \in [1,n] \quad (3) \\ \zeta i(t) = \psi \mathrm{i}(\dfrac{\sum_{t=1}^{k}(\eta \mathrm{it\ (t)} * Uit\ )}{\sum_{t=1}^{k}\left(\eta \mathrm{it(t)}\right)}, \dfrac{\mathrm{Wi\ (t)}}{\mathrm{Wopt}} & \forall i \in [1,n] \quad (4) \end{cases}$$

где: уравнение (1) описывает динамику проблемного поля организации: уровень критичности каждой проблемы изменяется под влиянием внешних воздействий Ej(t) и эффективности выполнения закреплённых за проблемой функций xt (t). Коэффициенты αj, βj задают чувствительность к внешним воздействиям и эффективности выполнения функций, γj – случайный фактор (непредвиденные ситуации); уравнение (2) определяет результативность выполнения функций – функция ft может выполняться одним или несколькими сотрудниками (коэффициент назначения ηit=1, если сотрудник hi работает на функцию ft, иначе 0), фактический вклад сотрудника определяется полнотой соответствия его компетенций Ki (t) требуемым Rt(t) и уровнем мотивации ζi (t); уравнение (3) описывает развитие человеческого капитала: компетенции сотрудника Ki (t) растут при выполнении сложных задач (функция Φi), устаревают со временем (коэффициент δi) и могут повышаться за счёт внешнего обучения υi(t); уравнение (4) задаёт уровень мотивации сотрудника в зависимости от целесообразности выполняемых функций Uit (субъективной пользы) и соотношения текущего вознагражденияWi (t)к ожидаемому Wopt [7].

Четыре вышеописанных уравнения образуют компетентностную модель состояния организации S, как объекта управления:

$$S(t) = [P(t), F(t), H(t)], \quad (5)$$

где $P(t) = \{c_1(t), c_2(t), \ldots, c_m(t)\}$ – вектор состояний проблемного поля (уровни критичности проблем); $F(t) = \{x_1(t), x_2(t), \ldots, x_k(t)\}$ – вектор результативности выполнения функций; $H(t) = \{K_1(t), K_2(t), \ldots, K_k(t); \zeta 1(t), \zeta 2(t), \ldots, \zeta n(t)\}$ — состояние человеческого капитала.

Предложенная компетентностная модель позволяет достичь баланса между интересами компании и интересами персонала, что ранее считалось невозможным в рамках классического менеджмента.

Со стороны компании оптимальным является распределение ресурсов, которое позволяет ликвидировать проблемы проблемного поля с максимальной эффективностью [1]:

$$\forall t : \eta \mathrm{it} \rightarrow i : \mathrm{K}i \supseteq \mathrm{Rt}$$
$$| \mathrm{K}i | \rightarrow \max$$

Однако такой подход приводит к возникновению двум проблем: перегрузке сильных сотрудников, так как они выполняют все сложные задачи, и недоиспользованию остальных сотрудников, чей потенциал остается невостребованным, что ведет к стагнации их компетенций и снижению мотивации [4, 7].

Сотрудник стремится к балансу пользы и затрат: он принимает задачу, если его компетенции соответствуют требуемым, а его потенциал не растрачивается впустую на работу ($\mathrm{K}i \geq \mathrm{Rt}$), не соответствующую его интересам и квалификации [9].

Для количественного описания зоны комфортного и развивающего труда введем понятие «зоны оптимума сотрудника» O_{it}. Показатель принимает единичное значение только при одновременном выполнении трех условий: достаточности компетенций, отсутствия избыточности квалификации и наличия интереса к задаче [7, 8].

$$O_{it} = \begin{cases} 1, \text{если } \forall q : kiq \geq rtq \\ \text{и } \sum_{q=1}^{l} \frac{kiq}{rtq} \leq \lambda i \\ \text{и } Uit \geq Umin \\ 0, \text{иначе} \end{cases}, \quad (6)$$

где λi – насколько человек готов делать работу проще своей квалификации; Uit – интерес сотрудника h_i выполнения функции f_t; $Umin$ – минимальный уровень интереса.

Результаты исследования. Разработанная модель управления позволяет выстроить пространство ИТ-поддержки, базирующееся на сервисно-ориентированной архитектуре (SOA) и включающее модули каталога компетенций, оценки, оптимизации распределения, планирования развития и аналитики (см. рисунок 1) [10].

Рисунок 1 – Сервисно-ориентированная архитектура (SOA) информационной технологии управления организационным развитием

Источник: составлено авторами

А. Модульная структура информационной технологии.

Архитектура технологии основывается на принципе разделения ответственности и состоит из пяти модулей, что обеспечивает гибкость, масштабируемость и простоту интеграции с существующими корпоративными системами.

1. Модуль каталога компетенций – централизованное хранилище эталонных моделей компетенций. В формате ориентированных графов описываются векторы требуемых компетенций (Rt) как для типовых функций, так и для уникальных задач, возникающих под влиянием проблемного поля [3].

2. Модуль оценки отвечает за мониторинг состояния двух ключевых элементов системы:

a) оценка проблемного поля: сбор и агрегация данных о внешней среде (Ej(t)) и внутренних KPI для расчета текущей критичности проблем (cj(t));

b) оценка компетенций: проведение регулярной диагностики для формирования актуальных векторов компетенций сотрудников (Ki(t)) и уровня их мотивации (ζi(t)).

3. Модуль оптимизации распределения. На вход он получает данные из Модуля оценки (проблемы P(t) и компетенции H(t)). На выходе он генерирует оптимальную матрицу назначений η_it(t).

4. Модуль планирования развития анализирует расхождения между текущими компетенциями Ki(t) и теми, которые требуются для перспективных задач (прогнозируемые изменения Ej(t)). На основе этого

формируются индивидуальные планы развития.

5. Модуль аналитики визуализирует «проблемное поле» организации, карту компетенций, текущую матрицу назначений и ключевые показатели эффективности системы, такие как динамика кадрового потенциала (dKi/dt) и уровень вовлеченности сотрудников (ζi).

Б. Организация данных и взаимодействие с внешними системами.

В едином хранилище данных содержатся: уровни критичности проблем, компетенции и мотивация сотрудников, матрица связей между проблемами и функциями, а также внутренние KPI организации. Особенности реализации и хранения: данные структурированы по принципу «проблема → функция → компетенция», что позволяет оперативно перестраивать связи без изменения схемы БД. Технология интегрируется с внешними системами: управление эталонными моделями компетенций и организационной структурой осуществляется через Business Studio, кадровый учёт и расчёт заработной платы – через типовые ИСУП.

В. Пользователи системы.

Технология предназначена для комплексного решения управленческих и кадровых задач на всех уровнях компании. Руководители подразделений получают возможность оперативно перераспределять задачи и оценивать реальную загрузку сотрудников, HR-служба – эффективно планировать развитие персонала и анализировать использование кадрового потенциала, топ-менеджмент – осуществлять стратегический мониторинг проблемных зон и адаптивности компании, а сотрудники – иметь доступ к индивидуальным планам развития и регулярной обратной связи для профессионального роста.

Г. Целевые предприятия и настройка.

Предлагаемая технология эффективна для средних и крупных компаний (от 100 человек), деятельность которых характеризуется высокой нестабильностью внешней среды и частой сменой требований к функциям сотрудников: ИТ-компании, проектные организации, промышленные предприятия.

Внедрение технологии требует предварительной настройки: формирования каталога компетенций под специфику предприятия, определения коэффициентов чувствительности α_j и β_j, а также значений λ_i (готовность сотрудника выполнять работу проще своей квалификации) и U_{min} (минимальный уровень интереса к задаче). Технология допускает адаптацию под отраслевую специфику путём расширения каталога компетенций и корректировки модели оценки проблемного поля.

Д. Цикл управления.

Предложенная архитектура реализует непрерывный цикл управления: диагностика проблем → оптимизация распределения ресурсов → выполнение задач → развитие компетенций → повторная диагностика. Такой подход обеспечивает адаптивность компании к изменениям и устойчивое развитие её ключевого актива – человеческого капитала.

Выводы. В рамках исследования разработана информационная технология управления организационным развитием, которая базируется на трех ключевых элементах.

1. Трехзвенная структура «Проблема → Функция → Компетенция», в которой связи настраиваются между тремя множествами: проблемами, функциями и компетенциями сотрудников. Данная структура позволяет отказаться от статичного закрепления сотрудников за должностями и перейти к динамическому распределению функций.

2. Математическая модель в виде системы уравнений, описывающая динамику проблемного поля, результативность выполнения функций (с учетом мотивации) и эволюцию человеческого капитала (с учетом обучения и устаревания навыков). Модель прогнозирует эффективность распределения задачи и оценивать влияние управленческих решений на состояние организации.

3. Критерий «зона оптимума сотрудника» (O_{it}), который одновременно проверяет три условия: достаточность компетенций, отсутствие избыточной квалификации и наличие интереса к задаче. Это отличает подход от классических моделей, которые минимизируют только риски компании. В результате впервые достигается формализуемый баланс между выгодой организации и развитием персонала.

На основе разработанных моделей и методов создана SOA информационной технологии, включающая независимые сервисы

(модули): каталог компетенций, оценки, оптимизации распределения, планирования развития и аналитики, а также интеграционную шину ESB и единое хранилище данных. Технология интегрируется с внешними системами, такими как Business Studio и типовые ИСУП. Предложенная архитектура обеспечивает динамическое перераспределение функций между сотрудниками без изменения штатного расписания, содержит математический аппарат для расчёта оптимальной матрицы назначений и реализует замкнутый цикл управления: диагностика проблем → оптимизация распределения ресурсов → выполнение задач → развитие компетенций → повторная диагностика.

Для подтверждения работоспособности разработанной технологии были проведены экспериментальные исследования. Модель и алгоритмы оптимизации прошли апробацию на базе ООО «Нейрософт» (численность персонала 545 человека). В ходе трехмесячного внедрения в департамент разработки (137 сотрудников) критичность проблем проблемного поля снизилась в среднем на 34%, загрузка «сильных» сотрудников уменьшилась на 22%, а вовлечённость остальных специалистов выросла на 18% по данным оценки 360 градусов. Прирост компетенций зафиксирован у 76% сотрудников экспериментальной группы против 31% в контрольной.

Таким образом, экспериментальная валидация доказала, что предложенная информационная технология, базирующаяся на моделях и методах, обеспечивает одновременную ликвидацию проблем организации и рост кадрового потенциала.

В работе решена задача разработки информационной технологии управления организационным развитием на основе компетентностной модели. Получены следующие результаты:

1. Предложена структура «Проблема → Функция → Компетенция», описывающая деятельность компании через решение актуальных проблем.

2. Разработана модель, учитывающая динамику проблем, выполнение функций и развитие человеческого капитала с фактором мотивации.

3. Введено понятие «зоны оптимума сотрудника» для количественной оценки баланса интересов бизнеса и персонала.

4. Создана сервисно-ориентированная архитектура с модулями каталога компетенций, оценки, оптимизации, планирования и аналитики.

5. Внедрение технологии позволяет минимизировать критичность проблем при одновременном росте кадрового потенциала, обеспечивая адаптивность бизнеса и устойчивое развитие человеческого капитала.

Декларация о применении ИИ. При подготовке текста статьи технологии искусственного интеллекта (ИИ) не использовались.

Список источников

1. Белобородова Н. А. Компетентностный подход в развитии персонала организации // Активизация интеллектуального и ресурсного потенциала регионов : материалы 4-й Всерос. науч.-практ. конф., г. Иркутск, 17 мая 2018 г. : в 2 ч. - Иркутск, 2018. - Ч. 2. - С. 267-270.

2. Носырева И. Г., Белобородова Н. А. Технологии оценки профессиональных компетенций специалистов по оказанию государственных услуг в области занятости населения // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2019. – Т. 8. – № 2 (27). – С. 280–283. – DOI: 10/26140/ anie-2019-0802-0068. – Текст: электронный.

References

1. Beloborodova N. A. Competence-based Approach in the Development of Organization's Personnel. *Activation of Intellectual and Resource Potential of Regions: Proceedings of the IV All-Russian scientific-practical conference. In 2 parts*. Irkutsk: Baikal State University. 2018. pp. 267–270. (In Russ.).

2. Nosyreva I. G., Beloborodova N. A. Technologies for Assessing Professional Competencies of Specialists in Providing Public Services in the Field of Employment. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie.* 2019. Vol. 8. No. 2 (27). pp. 280–283. DOI: 10/26140/anie-2019-0802-0068. (In Russ.).

3. Белобородова Н. А. Влияние дистанционного режима работы на развитие организаций и компетенции персонала // Развитие российского общества: вызовы современности: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. – Иркутск: Байкальский государственный университет, 2021. – С. 126–131.
4. Соколов Л. А. Разработка модели компетенций педагогического и вспомогательно-педагогического персонала // Вестник Университета Правительства Москвы. – 2025. – № 3. – С. 48–53.
5. Акмалова Д. Т. Механизмы организации и управления процессом формирования управленческой компетентности [Электронный ресурс]. – URL: rep.herzen.spb.ru/file_viewer/8412 (дата обращения: 18.06.2026). – Текст: электронный.
6. Рудых В. С., Носырева И. Г. Применение компетентностного подхода при найме и адаптации персонала в условиях производственного предприятия // Global and Regional Research. – 2025. – Т. 7. – № 2. – С. 195–202.
7. Кузнецова Е. Ю., Чоповда Е. А. Компетенции в организации деятельности и формировании организационной культуры промышленного предприятия // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2012. – № 1. – С. 4–12.
8. Тихонова Н. К., Семченков А. В. Алгоритм и методология формирования корпоративной модели гибких компетенций управления медицинским персоналом в медицинской организации // Вестник ВШОУЗ. – 2025. – Т. 11. – № 3. – С. 44–59.
9. Бенаюн А. Разработка и внедрение системы компетенций: современные и будущие перспективы // Information Management and Business Review. – 2024. – Т. 16. – № 3. – С. 606–615. – DOI: 10.22610/imbr.v16i3(I).4013. – Текст: электронный. (In Eng.).
10 Джианг Х. П. Разработка внутренних корпоративных программ обучения с использованием компетентностного подхода // Journal of Technical Education Science. – 2024. – Vol. 19. – No. 5. – P. 72–82. – DOI: 10.54644/jte.2024.1624. – Текст: электронный. (In Eng.).
11. Гвоздева Т. В., Белов А. В. Проблемно-ориентированное управление организационным развитием. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – ISBN 978-3-8454-1507-9.

3. Beloborodova N. A. The Impact of Remote Work on the Development of Organizations and Personnel Competencies. *Development of Russian society: challenges of modern time: Proceedings of the national scientific-practical conference with international participation*. Irkutsk: Baikal State University. 2021. pp. 126–131. (In Russ.).
4. Sokolov L. A. Development of a Competency Model for Teaching and Support Staff. Vestnik Universiteta Pravitelstva Moskvi. 2025. No. 3. pp. 48–53. (In Russ.).
5. Akmalova D. T. Mechanisms of Organization and Management of the Process of Forming Managerial Competence [Electronic resource]. URL: rep.herzen.spb.ru/file_viewer/8412 (Accessed: 18.06.2026). (In Russ.).
6. Rudykh V. S., Nosyreva I. G. Application of the Competence-Based Approach in Recruitment and Adaptation of Personnel in a Manufacturing Enterprise. *Global and Regional Research*. 2025. Vol. 7. No. 2. pp. 195–202. (In Russ.).
7. Kuznetsova E. Yu., Chopovda E. A. Competencies in the Organization of Activities and the Formation of Organizational Culture of an Industrial Enterprise. *Vestnik UrFU. Seria: Ekonomika i upravlenie*. (In Russ.). 2012. № 1. C. 4–12. (In Russ.).
8. Tikhonova N. K., Semchenkov A. V. Algorithm and Methodology for Forming a Corporate Model of Flexible Competencies for Managing Medical Personnel in a Healthcare Organization. *Vestnik VSHOUZ*. 2025. Vol. 11. No. 3. pp. 44–59. (In Russ.).
9. Benayoune A. Competency-Based Framework Development and Implementation: Current and Future Perspectives. *Information Management and Business Review*. 2024. Vol. 16. No. 3. pp. 606–615. DOI: 10.22610/imbr.v16i3(I).4013.

10. Giang H.P. Develop Internal Corporate Training Programs with a Competency-Based Approach. *Journal of Technical Education Science*. 2024. Vol. 19 (5). pp. 72–82. DOI: 10.54644/jte.2024.1624.

11. Gvozdeva T.V., Belov A.V. Problem-Oriented Management of Organizational Development. *Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing.* 2011. ISBN 978-3-8454-1507-9. (In Russ.).

Гвоздева Татьяна Вадимовна / Gvozdeva Tatiana V.
кандидат экономических наук, доцент / PhD, Associate Professor
заведующий кафедрой информационных технологий / Head of the Department of Information Technology
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» / Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin
г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34
E-mail: gvozdevs@inbox.ru

Буйлов Павел Витальевич / Buylov Pavel V.
кандидат технических наук / PhD
доцент кафедры информационных технологий / Associate Professor of the Department of Information Technology
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» / Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin
г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34
E-mail: bpvpahan@yandex.ru

Дерова Ирина Дмитриевна / Derova Irina D.
студент / student
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» / Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin
г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34
E-mail: derovair@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 20.05.2026; одобрена после рецензирования 07.06.2026; принята к публикации 24.06.2026.
The article was submitted 20.05.2026; approved after reviewing 07.06.2026; accepted for publication 24.06.2026.

Научная статья
УДК 004.33
DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-80-93

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭТАПОМ ПОСЛЕДНЕЙ МИЛИ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЕВОГО МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Игорь Сергеевич Кондрашов[1]✉, Екатерина Александровна Бацанова[2], Наталия Федоровна Гусарова[3]

[1,2,3]Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
[1]igor_kondrasev19361@gmail.com✉, https://orcid.org/0009-0000-0306-2037
[2]eabatsanova@itmo.ru, https://orcid.org/0009-0000-5939-4698
[3]nfgusarova@itmo.ru, https://orcid.org/0000-0002-1361-6037
Язык статьи – русский

Аннотация: В работе предложена модель частично автоматизированного управления назначением курьерских маршрутов в логистике последней мили на базе многоуровневого ансамблевого алгоритма. Целью работы было повышение эффективности принятия решений о назначении курьерских маршрутов в логистике последней мили. В качестве методов и материалов работы составлено техническое задание, предложены концептуальная и математическая постановки проблемы, апробирован алгоритм решения, а также описаны способы технической и управленческой интеграции алгоритма в бизнес-процессы компании. Проанализирована сложность распределения заказов по курьерским маршрутам с учетом географической специфики городского районирования и особенностей опыта работы курьеров в различных районах мегаполиса на примере запада Москвы. Приведен способ работы с большими данными, позволяющий значительно сократить вычислительную стоимость решения и требования к объему оперативной памяти. Проведена экспериментальная апробация решения в рамках, соответствующих техническому заданию логистической компании. Предложен способ нативной интеграции алгоритма в текущие процессы LMD на организационном и техническом уровнях. Предоставлены результаты, подтверждающие возможность использования модели для ежедневного планирования курьерских маршрутов с учетом всех требований логистической компании. В качестве направлений дальнейших исследований выделяются оптимизация маршрутов в случае непредвиденных ситуаций, а также система контроля и обработки ошибок на уровне внесения записей в исходные базы данных для повышения устойчивости модели к программным и антропогенным искажениям входных баз данных.

Ключевые слова: ансамблевый алгоритм, логистика последней мили, оптимизация доставки, управление курьерскими маршрутами, эвристические алгоритмы

Ссылка для цитирования: Кондрашов И. С., Бацанова Е. А., Гусарова Н. Ф. Повышение эффективности управления этапом последней мили в логистической системе на основе ансамблевого метаэвристического алгоритма // Экономика. Право. Инновации. – 2026. – Т. 14. – № 2. – С. 80–93. – DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-80-93.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LAST-MILE STAGE MANAGEMENT IN A LOGISTICS SYSTEM BASED ON AN ENSEMBLE METAHEURISTIC ALGORITHM

Igor S. Kondrashov[1]✉, Ekaterina A. Batsanova[2], Natalia F. Gusarova[3]

[1,2,3]ITMO University, Saint-Petersburg, Russia
[1]igor_kondrasev19361@gmail.com✉, https://orcid.org/0009-0000-0306-2037
[2]eabatsanova@itmo.ru, https://orcid.org/0009-0000-5939-4698
[3]nfgusarova@itmo.ru, https://orcid.org/0000-0002-1361-6037
Article in Russian

Abstract: The work proposes a model of semi-automated management for assigning courier routes in last mile logistics based on a multi-level ensemble algorithm. The main objective was to increase the couriers' routes assignment efficiency. As methods and materials, a technical task has been drawn up, the conceptual and mathematical problem formulation has been proposed, the solution algorithm developed and tested, and the ways of technical and managerial integration of the algorithm into the company's business processes have been described. The complexity of distributing

orders on courier routes is analyzed, considering the geographical specificity of urban zoning and the characteristics of the experience of couriers in different areas of the metropolis, using the example of western Moscow. The method of working with large data, which allows to significantly reduce the computational cost of the solution and the amount of memory required, is shown. An experimental testing of the solution was carried out within the framework of the logistics company's technical task. A method of native integration of the algorithm into current LMD processes at organizational and technical levels is proposed. Results are provided, confirming the possibility of using the model for daily planning of courier routes considering all requirements of logistics company. The local optimization of routes in case of unforeseen situations are highlighted as areas for further research, and a system for monitoring and error handling at the entry level of records to source databases to increase model resilience against software and human-induced distortions of input databases.

Keywords: ensemble algorithm, last-mile logistics, delivery optimization, courier route management, heuristic algorithms

For citation: Kondrashov I. S., Batsanova E. A., Gusarova N. F. Improving the Efficiency of Last-Mile Stage Management in a Logistics System Based on an Ensemble Metaheuristic Algorithm. *Ekonomika. Pravo. Innovacii.* 2026. Vol. 14. No. 2. pp. 80–93. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2026-2-80-93.

Введение. Любой бизнес в сфере интернет-маркетинга и маркетплейсов сталкивается с необходимостью выстраивания цепочек поставок товаров от сортировочных центров (СЦ) до пунктов выдачи заказов (ПВЗ) и до конечных покупателей. Данный вид логистических операций называется последней милей или Last Mile Delivery (LMD). Логистика последней мили – сложная организационная система кросс-функционального взаимодействия внутри логистической компании, аккумулирующая складскую и курьерскую логистику, клиентский сервис, техническое обеспечение и IT. В LMD одной из ключевых компетенций является ситуационный менеджмент и организация бизнес-процессов – факторы, требующие высокой доли человеческого управления и координации процессов, которые, в свою очередь, являются причиной возникновения операционных и стратегических ошибок, связанных с человеческим фактором. На уровне отдельного специалиста постоянная высокая доля личного участия в процессах ведет к снижению качества управленческих решений, некорректным приоритетам в работе, отсутствию времени и мотивации для проведения стратегических решений и внедрения улучшений. На уровне компании отмечается выгорание сотрудников, низкий уровень стандартизации процессов, сложность верификации и оценки ключевых метрик эффективности, а также размытие зон ответственности внутри и между операционными группами.

С точки зрения экономики предприятия LMD является самым сложным и дорогим этапом логистического цикла, занимая до 41% от всех затрат бизнеса на содержание логистической цепи и до 53% от общего ценника доставки [1]. Этому есть несколько причин:

– содержание флота малогабаритных транспортных средств;

– увеличенный расход топлива;

– потребности в рабочей силе;

– высокие требования к временным окнам доставки.

Исходя из данных компании СДЭК, фонд оплаты труда курьерских услуг является ключевым фактором повышения стоимости LMD: рост стоимости труда в 2024 году составил 20–30% при одновременном рыночном дисбалансе в сторону спроса на курьерский труд [2].

В условиях высокой стоимости труда и подбора персонала улучшение процедур кросс-функционального взаимодействия и снижение человеческого фактора является важной структурной частью совершенствования системы курьерской доставки. Важным этапом этого процесса является переход к централизованной модели принятия управленческих решений на основе алгоритмов обработки данных. Внедрение управляющих алгоритмов в структуру ежедневного рабочего процесса позволит снизить долю личного участия специалистов в рутинных, циклических операциях, одновременно повышая прозрачность управления рутинными процессами. Вследствие этого возможна переориентация специалистов на задачи, требующие исключительного менеджерского контроля: стандартизация процессов, повышение SLA, сохранение и расширение клиентской базы за счет точечной обработки ошибок, а также повышение личной вовлеченности линейного

персонала через адаптацию и качественный анализ решений алгоритма.

В данной работе предлагается улучшенная модель процедуры принятия решений по маршрутизации в LMD. Ядром улучшения является высокоточный ансамблевый алгоритм оптимизации маршрутов, который может быть внедрен в качестве микросервиса в любое специализированное логистическое ПО. Вокруг данного ядра выстраивается процессный модуль, объединяющий транспортную, складскую и курьерскую логистику в единый узел принятия решений и контроля отклонений. Результатом работы является верифицированный, готовый к интеграции алгоритмический модуль обработки данных и процедуры управления и контроля со стороны операционного менеджмента. Внедрение данного модуля позволяет интегрировать полуавтоматическое управление курьерскими маршрутами в ежедневный бизнес-процесс логистической компании, освобождая время менеджеров отдела доставки для контроля за аномалиями, сокращая переменные издержки компании и способствуя повышению качества оказываемых услуг.

Целью исследования является повышение эффективности распределения и снижение операционных издержек курьерских маршрутов в организациях, осуществляющих логистику последней мили, за счет внедрения механизма централизованного принятия решений на базе ансамблевого алгоритма. Задачами работы являются:

1. Обоснование необходимости выработки единого, системного и прозрачного механизма назначения курьерских маршрутов.

2. Создание алгоритма иерархической маршрутизации.

3. Разработка сценария применения в рамках операционной деятельности предприятия.

4. Экспериментальная оценка применимости и подтверждение операционного результата на базе данных Ozon Tech.

Обзор литературы. Традиционная проблема планирования поездок – одна из самых известных и изученных областей оптимизационной теории. Обычно для задач маршрутизации используют логику задачи коммивояжера (Travelling Salesman Problem – TSP) или VRP – выбор зависит от специфических условий задачи. В [3] предложен метод точного ограниченного поиска (TS) для получения глобального оптимального решения. Суть алгоритма заключается в создании первого валидного решения с учетом ограничений системы и дальнейшего эвристического поиска путем случайных рекомбинаций типа insert – создать новый маршрут, если текущая конфигурация не позволяет добавлять непосещённые точки без нарушения ограничений системы, swap – для двух случайно выбранных маршрутов поменять посещаемые точки для создания новой конфигурации без создания дополнительных маршрутов. Авторы [4] интегрировали задачу распределения и TSP в подходе относительного расстояния. В [5] автор предложил алгоритм LKH, основанный на поэтапной эвристической оптимизации минимального остовного дерева. В исследовании [6] предложен модифицированный алгоритм ветвей-и-сечений [6], алгоритм программирования с ограничениями представлен в [7]. Для решения сложных mVRP в последние пять лет предлагались различные метаэвристические алгоритмы: в [8] использован роевой алгоритм (PSO), в [9] предложена адаптированная версия PSO, в [10] предлагается сравнение эффективности основных генетических алгоритмов. Используются также решения на базе искусственного интеллекта (ИИ), например [11]. Современным для относительно небольшого числа точек является BC, описанный в [6], а для крупномасштабного VRP представлена эвристика LKH-3 [12]. Для типичных задач TSP в [13] представлена модификация LKH-3 с обучением с подкреплением (RL). Общая задача VRP уже решена для больших графиков (до 85900 точек), как показано в [8].

Метаэвристика является эффективным подходом для крупномасштабных задач TSP из-за сложности вычислений, которые быстро увеличивают общее время работы точных и эвристических алгоритмов [9]. Последние работы, связанные с метаэвристическими алгоритмами, основаны на сравнительном анализе эффективности: в [9] произведено сравнение генетических алгоритмов (GA), оптимизации алгоритмом муравьиной колонии (ACO) и роя частиц (PS) для исходного TSP. В [14] исследован потенциал Memetic Algorithm (MA) для TSP с мин.-макс. ограничением. Данные алгоритмы базируются на массовой рекомбинации решений путем

применения методов селекции (отбор лучших решений и увеличенная вероятность кроссовера с ними), кроссовера (обмена элементами решений для создания нового решения) и мутации (случайным изменениям при создании решения после кроссовера), что позволяет генетически находить лучшие решения путем многократной селекции. Особенностью МА является локальная оптимизация новых особей – решение, созданное в результате кроссовера и мутации, локально оптимизируется быстрой эвристикой или точным алгоритмом, что позволяет значительно быстрее достигать сходимости и чаще обновлять множество лучших решений. Базовым вариантом применения связки глобального поиска МА и локальной оптимизации посредством имитации отжига (Simulated Annealing – SA) является работа [15], показывающая хорошие результаты в сравнительных тестах при адаптации модели к конкретным ограничениям задачи, что продемонстрировано в работах [9, 11].

Одной из наиболее точных работ в области задач одновременной оптимизации с точки зрения эвристической оптимизации является [16] для задачи о размере парка и смешанной маршрутизации транспортных средств. Другой способ обеспечить близкое к оптимальному решение – использовать локальную оптимизацию для проверки плоскости сходимости N локально оптимальных решений к глобально оптимальному решению. Эти алгоритмы известны как алгоритмы многоцелевой байесовской оптимизации. Недавние теоретические перспективы этого метода, основанного на вероятностном поиске глобального оптимума, были описаны в [17]. Метаэвристические эволюционные алгоритмы для многозадачной оптимизации по Парето фронту представлены в [18, 19].

Подход [11] показывает достойные результаты: соотношение затрат и выгод с точки зрения затрат на сбор данных и требуемой вычислительной мощности несравнимо ниже, чем у алгоритмов, описанных ранее.

Существует значительный пробел в разработке эффективных алгоритмов для крупномасштабной кластерной задачи со смешанным автопарком (mTSP-A-MF). При данном разнообразии подходов ни один точный или эвристический алгоритм не закрывает все условия в рамках описанного сценария, хотя могут быть использованы как структурные единицы более крупного алгоритма. Метаэвристические подходы склонны к застреванию в локальных оптимумах и используются в основном для быстрой глобальной переоценки решения. В то же время алгоритмы на базе ИИ требуют дообучения/переобучения модели в случае изменения параметров задачи, а также представляют собой модели с ограниченной интерпретируемостью, что не отвечает условию прозрачности процесса принятия решений.

Концептуальная постановка проблемы. Планируя ежедневное распределение курьерских маршрутов в больших городах, логистическая компания сталкивается с необходимостью учета независимых параметров: городской планировки, кластеризации адресов доставки, предпочтительных временных окон и мест расположения ПВЗ партнерской сети. В то же время, менеджмент отдела доставки решает дополнительные внутренние задачи компании: согласование слотов погрузо-разгрузочных работ с функцией складской логистики, учет курьерского опыта при распределении маршрутов, собственная полигональная структура адресов доставки на физической карте, отражающая логику использования пеших курьеров или согласованные зоны распределения доставки между локальными хабами последней мили. Организация управления логистикой последней мили влияет как на выполнение Service Level Agreement (SLA) – ключевой параметр любой логистической компании в доставке последней мили, так и на внутренние показатели эффективности: организацию распределения отправлений по курьерским картам, предсказуемость и соответствие маршрутов опыту и знаниям каждого курьера (внутренняя клиентоориентированность), согласованность зон ответственности бизнес-юнитов и прозрачность принимаемых решений. Все эти элементы влияют на итоговые операционные издержки компании как напрямую (переменный фонд оплаты труда, лизинговые платежи, операционные расходы, издержки по претензиям клиентов), так и косвенно за счет средней стоимости привлечения клиентов, средней стоимости подбора линейного персонала, доли утилизации кузовов транспортных средств, затрат на операционное планирова-

ние и согласование работ и прочих совокупных издержках ситуационного руководства.

Решение задачи ежедневного планирования маршрутов позволяет существенно снизить переменные затраты путем оптимизации штата исполнителей, повышения нормативов за счет качественного улучшения распределения маршрутов, снижения расхода горюче-смазочных материалов, стандартизации кросс-функционального взаимодействия бизнес-юнитов.

В то же время реализация единого подхода к построению маршрутов с учетом курьерского опыта позволит повысить удовлетворенность сотрудников, снизить долю непроизводительных временных затрат, сократить количество конфликтов на предприятии при одновременном повышении прозрачности и согласованности ежедневного планирования. Последнее, в свою очередь, способствует выработке качественных стратегических решений и снижению количества управленческих ошибок, вызванных человеческим фактором.

Организационный сценарий. В настоящей работе рассматривается типичный сценарий LMD, сочетающий элементы анализа данных, операционного кросс-функционального взаимодействия и курьерской маршрутизации. Пусть на некоторый момент времени известен список заказов, которые должны быть доставлены в течение двенадцатичасового рабочего дня из точки отгрузки – Сортировочного центра (СЦ) до соответствующих точек на физической карте города. Данные точки известны заранее из системы управления складом (WMS) и к определенному времени могут быть переданы стандартизированной базой данных в программное средство. Для доставки грузов по набору точек (заказов), сгруппированных в территориальные единицы (кластеры), бизнес располагает ограниченным количеством рабочей силы (курьеров), показывающих разную эффективность при выполнении заказов в пределах одного и того же полигона (сервисное время). После назначения полигонов с предварительно заданным внутренним маршрутом в курьерские карты работник склада с помощью курьера компонует заказы из курьерской карты в тару и выполняет процедуру подтверждения выдачи заказов со склада. Курьер производит погрузку транспортного средства и начинает выполнение маршрута. В момент окончания погрузки автоматическое средство оповещения (робот колл-центра) собирает информацию о курьерской карте, находит данные о получателях внутри первого полигона на курьерском маршруте и совершает массовую рассылку о выполнении временного окна доставки. В течение рабочей смены выполняется фиксация времени доставки и текущего местоположения курьера. По завершении курьером последнего заказа в полигоне система оповещает клиентов из следующего по курьерской карте полигона об актуальном ориентировочном времени прибытия курьера. Таким образом, среднее время ожидания клиентом доставки не превышает двух часов, что повышает удовлетворенность сервисом по сравнению с более широкими временными диапазонами, и при этом снижает непроизводительные затраты курьера на ожидание ответа клиента.

Рисунок 1 демонстрирует часть карты заказов с цветовой разметкой для определения полигона. Формализованные организационно-управленческие ограничения

Для практической реализации предлагаемого подхода необходим формализованный набор ограничений. Согласно законодательству, рабочий день штатного курьера не может превышать 12 часов или 43200 секунд. LMD характеризуется асимметричностью дистанций между точками – стоимость перемещения из точки А в точку Б может не совпадать со стоимостью обратного пути. Модель должна учитывать фактор компетенций персонала при выполнении маршрутов и их способности к адаптации к человеческому фактору, при этом каждый курьер выполняет назначенные полигоны в одиночку, способствуя персонификации опыта и ответственности за выполнение маршрута. Система оповещений клиентов о времени доставки предполагает принцип: одно оповещение – один полигон, ограничивая возможность курьеру свободно перемещаться между полигонами до выполнения всех заказов внутри географической бизнес-единицы. По окончании выполнения полигона курьер переходит в следующий закрепленный за его маршрутом полигон без возврата в депо. Полагается, что компания обладает большим числом исполнителей, чем требуется для выполнения ежедневного задания, следовательно, разрешается

задействовать то число курьеров, которое дает максимальную эффективность выполнения задачи. Наконец, операционное планирование должно производиться в разумные для ежедневного использования сроки (1 час или 3600 секунд).

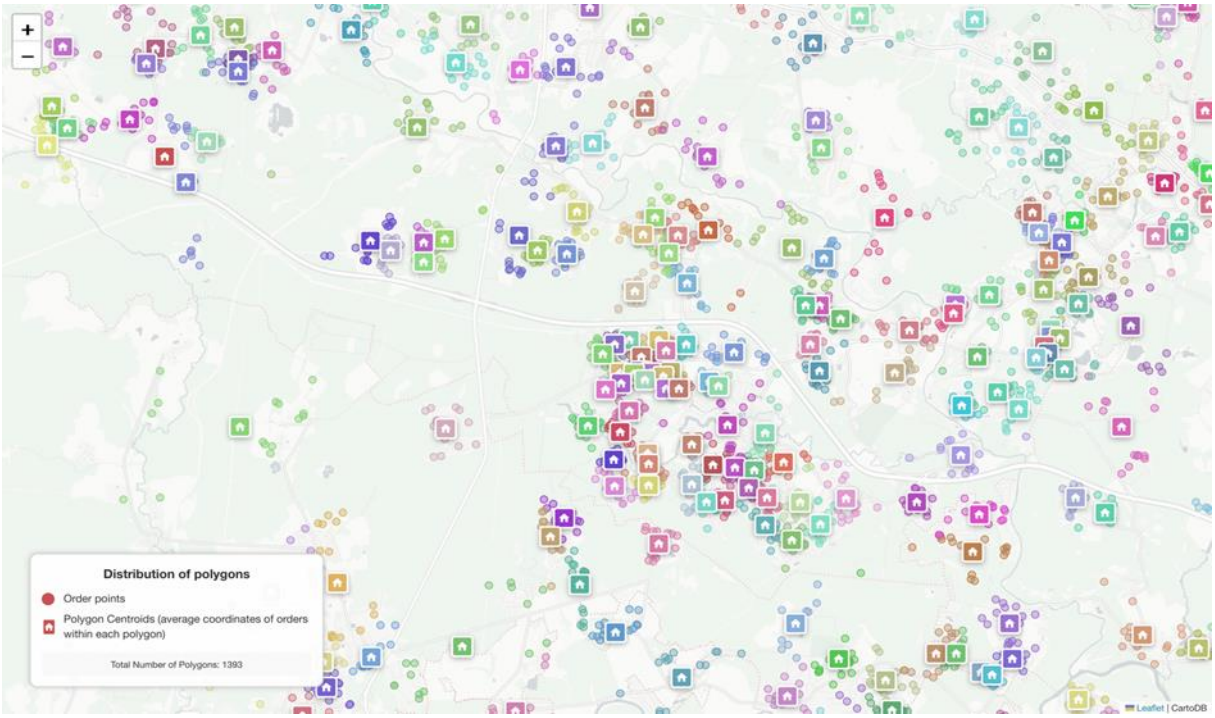

Рисунок 1 – Карта заказов и полигонов (Ozon Tech в рамках Ozon ML CUP-2025)
Источник: составлено автором

Описание предлагаемого алгоритмического решения. Для поиска близкого к оптимальному решения был предложен следующий подход: необходимо:

1) создать первое рабочее решение для сокращения количества неэффективных итераций метаэвристического алгоритма,

2) глобально переназначить маршруты, сохраняя условие превалирования нового решения над тем, что было получено на предыдущих итерациях,

3) получив улучшенное решение, исследовать его нижний предел сходимости к глобальному оптимуму путем применения точных алгоритмов.

Путем эвристического первичного назначения выполняется первое приближение решения, соответствующего критериям соблюдения ограничений и условия, что $T^h \leq T^b$, где T^b – базовое решение с помощью алгоритма ограниченного поиска (TS). Далее при помощи меметического алгоритма удается значительно сократить количество неэффективных решений, сохраняя при этом вычислительную скорость и разнообразие кандидатов. Следом проводится моделирование имитации отжига (Simulated Annealing) для выхода из локального оптимума. Итоговое улучшение решения производится вычислительно сложными точными алгоритмами: на уровне обмена полигонами используется метод параллельного поиска лучших обменов, следом полные маршруты всех курьеров репрезентируются как матрица расстояний со штрафами за перемещение между полигонами, строится лучшее решение с заданной начальной точной посредством Branch-and-Cut, и от итогового решения отнимается стоимость наказаний за перемещение между полигонами. Branch-and-Cut не нарушает полигональных ограничений при перестроении маршрута, одновременно обеспечивая более качественное, по сравнению с метаэвристиками, конечное решение.

Таким образом, ключевое отличие предлагаемого алгоритма заключается в использовании подготовленного начального решения для создания базовой популяции метаэвристического алгоритма и выборе условия перехода от случайной генерации решений к точным алгоритмам, позволяющей оптимизировать решение быстрее и точнее по сравнению

с продолжением использования генетического алгоритма.

Методы и материалы.

Организация эксперимента.

В качестве проверяемой гипотезы было заявлено, что использование предварительно оптимизированного решения в качестве базиса метаэвристического алгоритма с последующим точным поиском позволит при меньших затратах вычислительных ресурсов и сокращённом времени работы получить более точное решение поставленной задачи, нежели использование только эвристического (TS) [3] алгоритма или SOTA метаэвристической связки MA+SA [14, 15] со случайными начальными решениями.

Для проведения эксперимента взята база данных (БД), предоставленная компанией Ozon Tech, состоящая из матриц: (1) расстояний между заказами, (2) принадлежности заказов к полигонам, (3) среднего сервисного времени каждого курьера на заказ в каждом полигоне. Baseline, SOTA и собственный алгоритм H-M-MAS написаны на языке программирования Python 3.10 и протестированы в одной среде выполнения. В качестве входных данных во всех случаях подается одинаковая БД. Окончание работы алгоритма возможно вследствие прекращения улучшений на протяжении большого числа итераций (взяты 1000 итераций TS и MA+SA, для H-M-MAS стоп-критерий не указан вследствие использования точного алгоритма с одной итерацией), либо при превышении предела рабочего времени алгоритма в 32 тысячи секунд. Дополнительным условием для H-M-MAS было прекращение работы после 3600 секунд вследствие ограничений, изложенных в организационном сценарии. В случае достижения H-M-MAS алгоритмом предельного времени выполнения без обработки всех курьерских маршрутов повышался коэффициент падения температуры внутреннего метаэвристического алгоритма для сокращения времени поиска промежуточных решений. Лучшие результаты сохранялись в контрольный список на протяжении 10 запусков при заданной конфигурации системы, и лучшие решения добавлены в финальную таблицу.

Результаты эксперимента. Адаптивная система управления логистикой последней мили.

Предложенный на рисунке 2 поток обработки с применением H-M-MAS (блок «методы оптимизации») позволит компании эффективно оперировать большим потоком данных и достичь целевого значения вычислительной стоимости менее чем в 3600 секунд, что критично для задач ежедневного планирования курьерских карт. Он может быть адаптирован к любой WMS и облаку данных, поскольку требует только (1) матрицу расстояний, (2) базу данных принадлежности к полигонам и (3) базу данных эффективности курьеров по полигонам. Все вычисления производятся внутри центрального планировщика, на выход передается JSON-файл заданного формата. Следовательно, алгоритм может быть представлен в виде элемента микросервисной архитектуры и интегрирован в логику работы IT системы предприятия.

Интеграция алгоритма H-M-MAS в процесс распределения заказов по курьерским картам, представленный на рисунке 3, выполняется единожды. Поскольку запуск алгоритма производится в момент отсечки, стратегическое решение о времени отсечки, обработка выходных данных, выявление и устранение ошибок могут быть делегированы любому ответственному лицу.

В работе преимущественно рассматривается второй блок процессного управления: выдача дневного задания в офисе, ответственном за доставку (ОЗД). С точки зрения организации работы, представляется наилучшим решением схема работы с размещением микросервиса в центре обработки данных (ЦОД) соответствующего ОЗД и дробление общей базы данных на блоки. Использование локальных мощностей ЦОД позволит распределить нагрузку и решать оптимизационную проблему конкретного офиса вычислительными ресурсами ОЗД, что значительно увеличивает возможности масштабирования и локализации системы принятия решений.

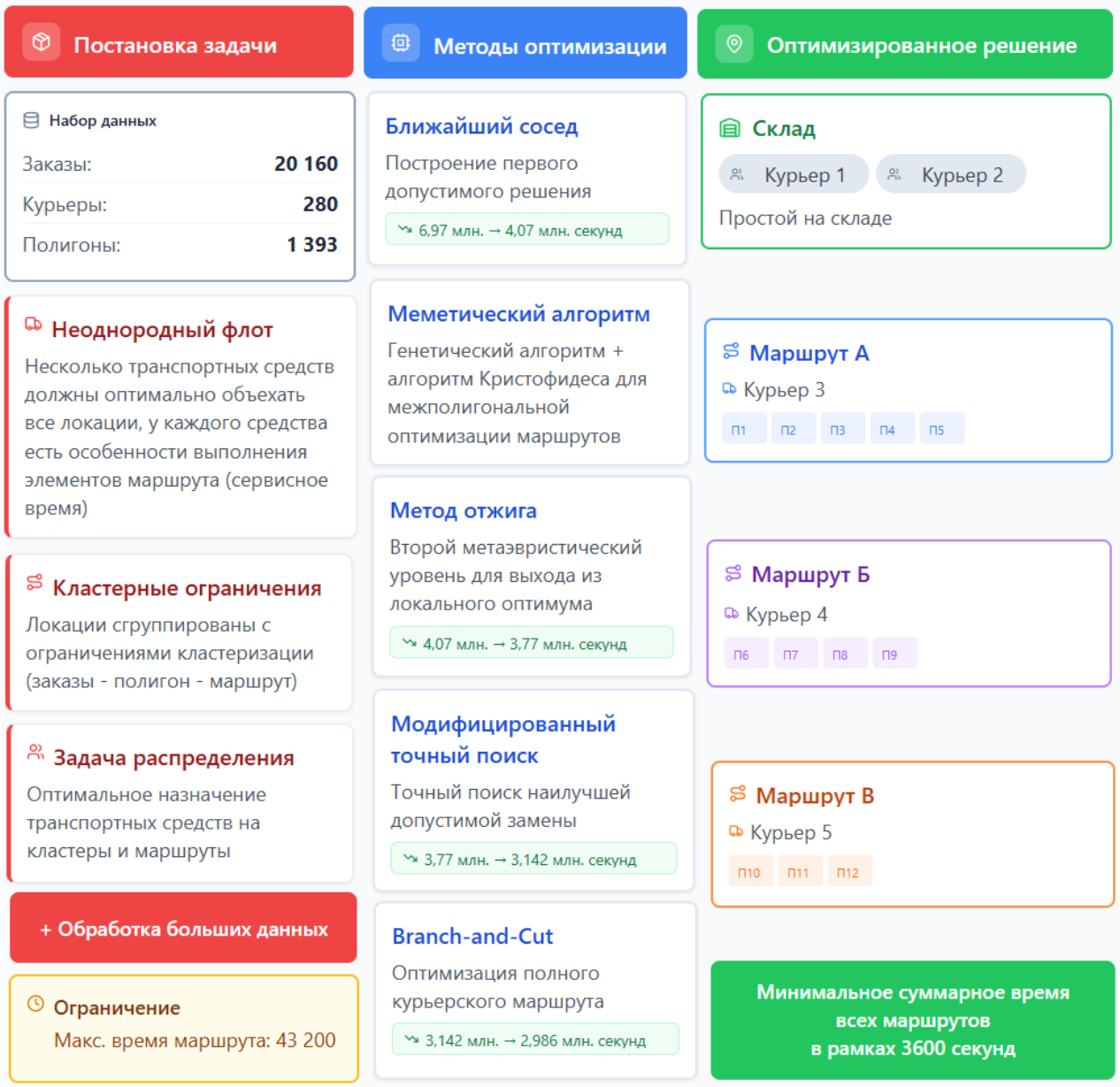

Рисунок 2 – Схема потока данных внутри ансамблевого алгоритма
Источник: составлено автором

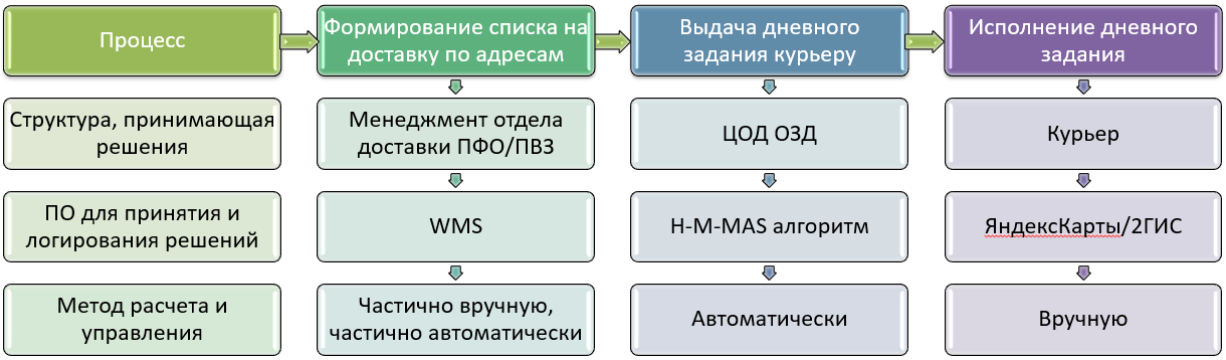

Рисунок 3 – Карта процесса обработки ежедневных заданий на доставку в структуре логистической компании
Источник: составлено автором

Заявленный алгоритм адаптирован под работу на персональном рабочем компьютере ответственного лица и не предполагает закупки специализированного оборудования. Этот факт также способствует повышению вовлеченности ответственного лица в процесс управления и поиска ошибок алгоритма, что позитивно сказывается на возможностях локальной доработки решения под задачи конкретной бизнес-единицы.

Схема работы с алгоритмом на уровне бизнес-единицы (сортировочного центра), представленная на рисунке 4, уже учитывает возможность локальной адаптации системы к результатам работы алгоритма маршрутизации.

Рисунок 4 – Схема передачи и обработки данных на ОЗД от формирования списка заказов до назначения на конкретных курьеров

Источник: составлено автором

Обращение к базе данных.

Сценарий 1: Простой поиск по словарю (обращение к сырой базе данных).

Сценарий 2: Обращение через простую матрицу Numpy

Сценарий 3: Обращение через memmap с предварительным созданием ключей бинарного поиска.

Сравнение сценариев произведено в таблице 1.

Сводка результатов использования алгоритма H-M-MAS и сравнение с SOTA метаэвристическим алгоритмом представлены в таблице 2.

В таблице 3 приводится теоретическое сравнение предлагаемого подхода с современными методами решения mVRP. Расчет оценки эффективности представлен следующей формулой: $EFF = \frac{T^b - T^{\mathcal{A}}}{T^{\mathcal{A}} - T^*} * 0.1$, где T^b – базовое решение, T^*– лучшее решение для стадии инициализации алгоритма. D означает дисквалификацию алгоритма вследствие неполного покрытия требований системы.

Таблица 1

Сравнение сценариев многократного обращения к базам данных

Источник: составлено автором

Сценарий	Требования оперативной памяти	Доля от вычислительной стоимости baseline сценария	Стоимость однократного обращения (в миллисекундах)
Поиск по словарю	8 GB	100%	0.10
Numpy индексация	3.2 GB	80%	0.08*
Memmap с бинарным поиском	1 GB	56%	0.067

*Однократное обращение производится для создания матрицы расстояний, а не единичного компонента, поэтому приведено среднее значение на 1 элемент для матрицы 1000X1000.

Таблица 2

Сравнение показателей эффективности H-M-MAS против TS и MA+SA (Memetic algorithm + Simulated Annealing)

Источник: составлено автором

Алгоритм	Время работы (секунд)	Целевая функция решения (в млн секунд)
Tabu Search (baseline) [3]	0.275	6.782
SOTA (MA+SA) [15]	32000	3.665
H-M-MAS	3474	2.986

Таблица 3

Полное сравнение с алгоритмами вне рамок эффективности решений

Источник: составлено автором

Результаты работы алгоритмов на базе доли эффективных решений и итогового найденного решения							
Алгоритм	Ограничения по полигонам	Большие данные	Доля выполнимых решений*	Эффективность	Свободное число агентов	Объяснимость	Итог
TS [3]	1	1	100%	0.072	1	1	4.072
MA+SA [15]	1	1	100%	0.377	1	1	4.377
MOEA [19]	0	0	<5%	N/A	1	0	D
ACO [10]	0	0	7.8%	N/A	1	1	D
PSO [8]	0	0	<3%	N/A	0	1	D
DRL+KD [11]	1	0	92.1%	N/A	1	0	D
H-M-MAS	1	1	100%	2.289	1	1	7.289

*Доля выполнимых решений рассчитана путем экстраполяции линейной зависимости исследованного падения эффективности при добавлении ограничений в работах соответствующих авторов.

Заключение. В работе рассмотрена комплексная проблема логистики последней мили в условиях полигональных ограничений и учета профессионального опыта курьеров при выполнении ежедневных заданий. На данный момент затраты на LMD могут составлять до половины всех затрат в цепочках поставок, поэтому особое внимание уделяется возможностям сокращения операционных затрат при сохранении или улучшении показателей SLA. Корректное назначение маршрутов с многопараметрической оптимизацией пути способно значительно сократить переменные затраты на доставку, при этом повышая уровень стандартизации кросс-функционального взаимодействия, положительно влияя на уровень и качество коммуникации между функциональными единицами и снижая количество ошибок, вызванных человеческим фактором. Текущая работа демонстрирует возможности внедрения автоматизации назначения курьерских маршрутов в общую структуру логистической цепи и предлагает новую процедуру работы ОЗД, включающую в себя работу с микросервисами автоматического назначения маршрутов.

Хотя на данный момент не существует решения, которое позволило бы полностью автоматизировать распределение заказов по курьерским маршрутам, H-M-MAS является одним из наиболее приближенных к реальным потребностям логистических компаний алгоритмом. Его преимущество состоит в полной интерпретируемости и предсказуемости результатов вкупе с эффективностью обращения к базам данных и скоростью работы, применимой для ежедневного планирования. Эксперименты показали, что H-M-MAS справляется с задачей комплексной маршрутизации с ограничениями менее чем за 3600 секунд, гарантируя 100% валидных решений на больших объемах данных.

Несмотря на преимущества автоматического назначения заказов в курьерские маршруты, данная структура рассчитана на уровень крупного СЦ и не предоставляет возможности локальной перестройки маршрутов в процессе выполнения ежедневного задания. Кроме того, созданная система поддержки принятия решений не гарантирует полной автономности системы: изменение даты доставки, форс-мажорные обстоятельства курьера, сбой сети или некорректная подача данных внутрь алгоритма требуют вмешательства квалифицированных специалистов. Таким образом, разработанная структурная часть LMD является помогающей, а не замещающей человеческий труд. Обработка ошибок и локальная оптимизация маршрутов будут рассмотрены в следующих работах авторов.

Декларация о применении ИИ. При подготовке текста статьи применялись технологии искусственного интеллекта (ИИ), модель Qwen 3.7, которая использовалась для написания и проверки кода моделей, представленных в таблице 3, а также для стилистической и орфографической правки текста. Все результаты исследования выводы, данные, таблицы, графики и ссылки проверены и подтверждены авторами. Применение ИИ не повлияло на достоверность и научную ценность полученных результатов. Авторы полностью несут ответственность за содержание статьи и соблюдение принципов научной этики.

Список источников

1. Сколько стоит доставка «последней мили»? // Delta Express logistic company. 2022 [Электронный ресурс]. – URL: deltaexpressinc.com/freight-shipping-guide/how-much-does-last-mile-delivery-cost/ (дата обращения: 24.01.2026). – Текст: электронный. (In Eng.).

2. Доставка «последней мили»: как изменился этот этап // СДЭК-пресса. 2024. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cdek.ru/ru/press/view/2024-09-03-dostavka-poslednej-mili-kak-izmenilsa-etot-etap/ (дата обращения: 24.01.2026). – Текст: электронный.

References

1. How Much Does Last Mile Delivery Cost. *Delta Express logistic company*. 2022 [Electronic resource]. URL: https://deltaexpressinc.com/freight-shipping-guide/how-much-does-last-mile-delivery-cost/ (Accessed: 24.01.2026).

2. Last-Mile Delivery: How This Stage Has Changed. *SDEK-press*.2024. [Electronic resource]. URL: https://www.cdek.ru/ru/press/view/2024-09-03-dostavka-poslednej-mili-kak-izmenilsa-etot-etap/ (Accessed: 24.01.2026). (In Russ.).

3. Брандао Дж., Мерсер А. Алгоритм поиска с запретами для задачи маршрутизации и планирования движения транспортных средств в многоэтапных поездках // European Journal of Operational Research. – 1997. – Т. 100. – С. 180–191. – DOI: 10.1016/S0377-2217(97)00010-6. – Текст: электронный. (In Eng.).

4. Эргувен Э., Полат Ф. Подход с использованием относительных расстояний для задачи о коммивояжерах, совершающих несколько поездок // Knowledge-Based Systems. – 2024. – Т. 300. – Ст. 112160. – DOI: 10.1016/j.knosys.2024.112160. – Текст: электронный. (In Eng.).

5. Хельсгаун К. Эффективная реализация K-оптимальных ходов для эвристики Лина-Кернигана в задаче коммивояжера. – Roskilde: Roskilde University, 2007. (In Eng.).

6. Чен Д.-С., Батсон Р.Г., Данг Й. Метод ветвей и обрезки // Applied Integer Programming. – Hoboken: John Wiley&Sons, 2009. – DOI: 10.1002/9781 118166000.ch12. – Текст: электронный. (In Eng.).

7. Масуме В., Ходакарам С. Подход к решению задачи о нескольких коммивояжерах с использованием программирования ограничений // ModRef 2017: Mixed Integer and Nonlinear Programming, 2017. (In Eng.).

8. Ли М., Цяо Л., Цзян Дж. Многоцелевой подход к планированию траектории для роботов, обезвреживающих взрывные устройства, на основе двунаправленного динамического взвешенного алгоритма A* и алгоритма PSO с обучением последовательности обмена памятью // Symmetry. – 2023. – Т. 15. – Ст. 1052. – DOI: 10.3390/sym150 51052. – Текст: электронный.

9. Манья Г., Джухи С., Байрва А.К. Оценка эффективности эвристических и метаэвристических алгоритмов на примерах крупномасштабной задачи коммивояжера // IEEE Xplore. – 2025. – DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3606531. – Текст: электронный. (In Eng.).

10. Рахман И., Матисон Л., Ахмед Ф. Сравнительный анализ генетического алгоритма, алгоритма оптимизации муравьиной колонии и алгоритма оптимизации роя частиц в задаче коммивояжера и задаче о рюкзаке 0/1 // 2024 First International Conference on Foundations of Machine Learning and Data Science (FMLDS). IEEE, 2024. – DOI: 10.1109/ FMLDS63805.2024.00082. – Текст: электронный. (In Eng.).

11. Ли С., Гао С., Ню С. и др. Решение задачи коммивояжера с помощью глубокого обучения с подкреплением и дистилляции знаний // Quality, Reliability, Security and Robustness in Heterogeneous Systems: 19th International Conference, Qshine 2023 – DOI: 10.1007/978-3-031-65123-6_26. – Текст: электронный. (In Eng.).

3. Brandão J., Mercer A. A Tabu Search Algorithm for the Multi-Trip Vehicle Routing and Scheduling Problem. *European Journal of Operational Research*. 1997. Vol. 100. pp. 180–191. DOI: 10.1016/S0377-2217(97)00010-6.

4. Ergüven E., Polat F. Relative Distances Approach for Multi-Traveling Salesmen Problem. *Knowledge-Based Systems*. 2024. Vol. 300. Art. 112160. DOI: 10.1016/j.knosys.2024.112160.

5. Helsgaun K. An Effective Implementation of K-opt Moves for the Lin-Kernighan TSP Heuristic. *Roskilde: Roskilde University*, 2007.

6. Chen D.-S., Batson R.G., Dang Y. Branch-and-Cut Approach. *Applied Integer Programming*. Hoboken: John Wiley&Sons. 2009. DOI: 10.1002/ 9781118166000.ch12.

7. Masoumeh V., Khodakaram S. A Constraint Programming Approach for Solving Multiple Traveling Salesman Problem. *ModRef 2017: Mixed Integer and Nonlinear Programming*. 2017.

8. Li M., Qiao L., Jiang J. A Multigoal Path-Planning Approach for Explosive Ordnance Disposal Robots Based on Bidirectional Dynamic Weighted-A* and Learn Memory-Swap Sequence PSO Algorithm. *Symmetry*. 2023. Vol. 15. Art. 1052. DOI: 10.3390/sym15051052.

9. Manya G., Juhi S., Bairwa A.K. Performance Evaluation of Heuristic and Meta-Heuristic Algorithms on Large-Scale Travelling Salesman Problem Instances. *IEEE Xplore*. 2025. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3606531.

10. Rahman I., Mathieson L., Ahmed F. Comparative Analysis of Genetic Algorithm, Ant Colony Optimization and Particle Swarm Optimization on the Travelling Salesman Problem and the 0/1 Knapsack Problem. *First International Conference on Foundations of Machine Learning and Data Science (FMLDS)*. IEEE, 2024. DOI: 10.1109/FMLDS63805. 2024.00082.

11. Li X., Gao X., Niu S. et al. Solving Traveling Salesman Problem with Deep Reinforcement Learning and Knowledge Distillation. *Quality, Reliability, Security and Robustness in Heterogeneous Systems: 19th International Conference, Qshine 2023*. DOI: 10.1007/978-3-031-65123-6_26.

12. Хельсгаун К. Расширение решателя задачи коммивояжера Лина-Кернигана-Хельсгауна для задач коммивояжера с ограничениями и маршрутизации транспортных средств // Roskilde: Roskilde University, 2017. – DOI: 10.13140/RG. 2.2.25569.40807. – Текст: электронный. (In Eng.).
13. Чжэн Дж. и др. Усиленные алгоритмы Лина-Кернигана-Хельсгауна для задачи коммивояжера // arXiv preprint. – 2022. – DOI: 10.48550/arXiv. 2207.03876. – Текст: электронный. (In Eng.).
14. Хэ П., Хао Дж.-К. Меметический поиск для задачи о коммивояжере с несколькими складами, допускающей минимаксную оптимизацию // European Journal of Operational Research. – 2022. – Т. 307. – DOI: 10.1016/j.ejor.2022.11.010. – Текст: электронный. (In Eng.).
15. Мерц П. и др. Меметические алгоритмы для задачи коммивояжера // Complex Systems. – 2001. – Т. 13. – № 4. – С. 297–346. – Текст: электронный. (In Eng.).
16. Челикдин А. Задача маршрутизации транспортных средств с учетом размера и состава автопарка (FSMVRP), адаптированное эвристическое решение для оптимизации с использованием алгоритма планирования на основе производственных мощностей и многодневного планирования // Journal of Transportation and Logistics. – 2023. – Т. 8. – С. 1–12. – DOI: 10.26650/JTL.2023.1101161. – Текст: электронный. (In Eng.).
17. Далтон С., Эрикссон Д., Баландат М. и др. Многоцелевая байесовская оптимизация в многомерных пространствах поиска // arXiv preprint. – 2021. – DOI: 10.48550/arXiv.2109.10964. – Текст: электронный. (In Eng.).
18. Фалькон-Кардона Дж. и др. Параллельные многоцелевые эволюционные алгоритмы: всесторонний обзор // Journal of LATEX Templates. – 2021. – DOI: 10.1016/j.swevo.2021.100960. – Текст: электронный. (In Eng.).
19. Деб К., Джайн Х. Эволюционный многоцелевой алгоритм оптимизации с использованием подхода недоминирующей сортировки на основе опорных точек, часть I: решение задач с ограничениями типа «ящик с узлами» // IEEE transactions on evolutionary computation. – 2013. – Т. 18. – № 4. – С. 577–601. – DOI: 10.1109/TEVC.2013.2281535. – Текст: электронный. (In Eng.).

12. Helsgaun K. An Extension of the Lin-Kernighan-Helsgaun TSP Solver for Constrained Traveling Salesman and Vehicle Routing Problems. DOI: 10.13140/RG.2.2.25569.40807.
13. Zheng J. et al. Reinforced Lin-Kernighan-Helsgaun Algorithms for the Traveling Salesman Problems. *arXiv preprint*. 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2207.03876.
14. He P., Hao J.-K. Memetic search for the minmax multiple traveling salesman problem with single and multiple depots. *European Journal of Operational Research*. 2022. Vol. 307. DOI: 10.1016/j.ejor.2022.11.010.
15. Merz P. et al. Memetic Algorithms for the Traveling Salesman Problem // Complex Systems. 2001. Vol. 13. No. 4. pp. 297–346.
16. Celikdin A. Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem (FSMVRP), Adapted Large Neighbourhood Search Heuristic Optimization Proposal With a Plant-capacity and Multi-day Planning Algorithm: A Livestock Feed Industry Case Study. *Journal of Transportation and Logistics*. 2023. Vol. 8. pp. 1–12. DOI: 10.26650/JTL.2023.1101161.
17. Daulton S., Eriksson D., Balandat M. et al. Multi-Objective Bayesian Optimization over High-Dimensional Search Spaces. *arXiv preprint*. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2109.10964.
18. Falcón-Cardona J., Gómez R., Coello C. et al. Parallel Multi-Objective Evolutionary Algorithms: A Comprehensive Survey. *Journal of LATEX Templates*. 2021. DOI: 10.1016/j.swevo. 2021.100960.
19. Deb K., Jain H. An Evolutionary Many-Objective Optimization Algorithm Using Reference-Point-Based Nondominated Sorting Approach, Part I: Solving Problems with Box Constraints. *IEEE transactions on evolutionary computation*. 2013. Vol. 18. No. 4. pp. 577–601. DOI: 10.1109/TEVC. 2013.2281535.

Кондрашов Игорь Сергеевич / Kondrashov Igor S.
аспирант факультета прикладной информатики / PhD student of the Faculty of Applied Informatics
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: igor_kondrasev19361@gmail.com

Бацанова Екатерина Александровна / Batsanova Ekaterina A.
студент / student
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: eabatsanova@itmo.ru

Гусарова Наталия Федоровна / Gusarova Natalia F.
кандидат технических наук, старший научный сотрудник / PhD, Senior Researcher
доцент факультета прикладной информатики / Associate Professor of the Faculty of Applied Informatics
старший научный сотрудник исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта «Сильный искусственный интеллект в промышленности» / Senior Researcher at the Artificial Intelligence Research Center «Strong Artificial Intelligence in Industry»
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» / ITMO University
Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
E-mail: nfgusarova@itmo.ru

Статья поступила в редакцию 29.01.2026; одобрена после рецензирования 20.06.2026; принята к публикации 24.06.2026.
The article was submitted 29.01.2026; approved after reviewing 20.06.2026; accepted for publication 24.06.2026.